



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

O CONCEITO DE ENDODONTIA MÍNIMA

Trabalho submetido por
MOHAMED AMINE JMOUR
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

O CONCEITO DE ENDODONTIA MÍNIMA

Trabalho submetido por
MOHAMED AMINE JMOUR
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professor Ignacio Barbero

Setembro de 2020

Dedicatória

À minha maravilhosa família que me apoiou para completar este curso e que fez de mim o que sou hoje.

A toda a turma que me recebeu de braços abertos, especialmente à minha segunda família de brasileiros.

Agradecimentos

Ao Professor Barbero,

Obrigado por aceitar a direção deste trabalho.

Obrigado pela sua disponibilidade, pelo seu envolvimento neste trabalho, pela sua gentileza e pela sua benevolência.

Por favor encontre aqui a expressão da minha estima e amizade sincera.

RESUMO

Os tratamentos endodônticos são procedimentos diários e complexos que requerem conhecimento anatômico, análise pré-operatória precisa e plataforma técnica adequada. A terapia de polpa vital oferece uma opção de tratamento bio-regenerativo, que pode ser realizado por médicos dentistas de clínica geral, fornecendo resultados previsíveis e comparáveis em termos de sucesso com tratamentos endodônticos. É aconselhável preservar tanto quanto possível, as estruturas do esmalte e da dentina ao realizar o tratamento endodôntico, a fim de melhorar o prognóstico do dente tratado, sem comprometer o bom desempenho do tratamento.

Parece, portanto, importante tentar equilibrar as necessidades de tratamento endodôntico vinculadas a tríade de sucesso em endodontia (desinfecção, modelagem e obturação tridimensional) declarado por Schilder (1967 e 1974) e agora aceito por todos. O objetivo desta dissertação é destacar a possibilidade atual de conciliar atos endodônticos de qualidade com procedimentos minimamente invasivos. Este trabalho descreverá os vários requisitos relacionados à modelagem endodôntica de acordo com a situação clínica para máxima economia de tecido como o tratamento endodôntico regenerativo que forneceu uma opção de tratamento que visa permitir a maturação radicular.

Palavras-chaves: Preservação de tecidos; Endodontia mínima; Microscópio cirúrgico; Fratura.

ABSTRACT

Endodontic treatments are daily and complex procedures that require anatomical knowledge, precise preoperative analysis and adequate technical platform. Vital Pulp Therapy offers a bio-regenerative treatment option, which can be performed by general practitioners, providing predictable and comparable results in terms of success with endodontic treatments.

It is advisable to preserve as much as possible the enamel and dentin structures when performing endodontic treatment in order to improve the prognosis of the treated tooth, without compromising the good treatment performance.

Therefore, it seems important to try to balance the endodontic treatment needs linked to the triad of success in endodontics (disinfection, modeling and three-dimensional filling) declared by Schilder (1967 and 1974) and now accepted by all. The objective of this dissertation is to highlight the current possibility of reconciling endodontics quality acts with minimally invasive procedures.

This paper will describe the various requirements related to endodontic modeling according to the clinical situation for maximum tissue economy as the regenerative endodontic treatment that provided a treatment option to allow root maturation.

Keywords: Tissue preservation; Minimally invasive endodontics; Dental operating microscope; Fracture.

I.	INTRODUÇÃO	9
II.	METODOLOGIA DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	11
III.	DESENVOLVIMENTO	13
1.	PRINCÍPIOS GERAIS	13
1.1.	REQUISITOS ANATÔMICOS	13
1.1.1.	CONHECIMENTO DA ANATOMIA RADICULAR E DOS CANAIS	13
1.1.2.	CONHECIMENTO DA LOCALIZAÇÃO E DIMENSÕES DAS CAVIDADES DE ACESSO	19
1.1.3.	ANÁLISE PRÉ-OPERATÓRIA	30
1.1.4.	AUXÍLIOS VISUAIS	31
1.1.4.1.	AS LUPAS	32
1.1.4.2.	O MICROSCÓPIO OPERACIONAL	33
1.1.4.3.	A CÂMERA INTRAORAL	34
1.1.4.4.	APLICAÇÕES CLÍNICAS	35
1.1.5.	APARELHOS DE RAIOS X E COMPUTADOR	35
1.1.5.1.	ENDODONTIA ASSISTIDA POR COMPUTADOR	36
1.1.5.2.	UTILIZAÇÃO DE TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA DE FEIXE CÔNICO (CBCT) EM ENDODONTIA	37
1.1.5.3.	LIMITES NO USO DO CBCT	43
1.2.	REQUISITOS BIOLÓGICOS	44
1.2.1.	MODELAGEM NECESSÁRIA PARA IRRIGAÇÃO	44
1.2.2.	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E ESCOLHA DO IRRIGADOR	46
1.3.	REQUISITOS MECÂNICOS	49
1.3.1.	A INSTRUMENTAÇÃO ENDODÔNTICA	50
1.3.1.1.	A INSTRUMENTAÇÃO MANUAL DE AÇO INOXIDÁVEL	50
1.3.1.2.	A INSTRUMENTAÇÃO ROTATORIA DE NÍQUEL-TITÂNIO	50
1.3.1.3.	INFLUÊNCIA DA TÉCNICA DE OBTURAÇÃO	53
2.	APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ENDODONTIA MÍNIMA EM FUNÇÃO DA SITUAÇÃO CLÍNICA	54
2.1.	O DENTE ESTRUTURALMENTE INTACTO OU APENAS LIGEIRAMENTE DETERIORADO	55
2.1.1.	ENDODONTIA MÍNIMA POR RAZÕES PROTÉTICAS	55
2.1.2.	O DENTE LEVEMENTE DILAPIDADO COM ENVOLVIMENTO CARIADO E UM SÍNDROME DE PULPITE REVERSÍVEL ...	58
2.1.3.	O DENTE TRAUMATIZADO	59
2.2.	O DENTE NECRÓTICO COM LESÃO PERI-APICAL	64
2.2.1.	O DENTE IMATURO NECRÓTICO	64
2.2.2.	INFECÇÃO PRIMÁRIA	66
2.2.3.	INFECÇÃO SECUNDÁRIA AO TRATAMENTO JÁ REALIZADA	67
2.3.	TABELA DE RESUMO	68
V.	CONCLUSÃO	69
VI.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

Índice de figuras

FIGURA 1: AS CONFIGURAÇÕES DO CANAL RADICULAR DESDE A CÂMARA PULPAR ATÉ O ÁPICE RADICULAR DE ACORDO COM WEINE FS E AL. (1969) (ADAPTADO DE BANSAL E AL., 2018).....	14
FIGURA 2 : AS CONFIGURAÇÕES DO CANAL RADICULAR DESDE A CÂMARA PULPAR ATÉ O ÁPICE RADICULAR DE ACORDO COM (VERTUCCI, 1984) (ADAPTADO DE BANSAL E AL., 2018)	15
FIGURA 3 : AS CONFIGURAÇÕES DO CANAL RADICULAR DESDE A CÂMARA PULPAR ATÉ O ÁPICE RADICULAR DE ACORDO COM (A) ZHANG R E AL., (B) SILVA EJNL E AL.,. (ADAPTADO DE BANSAL E AL., 2018)	17
FIGURA 4 : : CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM ISTHMUS POR KIM SY (ADAPTADO DE BANSAL E AL., 2018)	17
FIGURA 5 : AS CONFIGURAÇÕES DE CANAL RADICULAR PROPOSTAS DESDE A CÂMARA PULPAR ATÉ AO ÁPICE RADICULAR (ADAPTADO DE BANSAL E AL., 2018).....	19
FIGURA 6 : REDUÇÃO DA FORÇA DENTÁRIA RESULTANTE DE CAVIDADES ENDODÔNTICAS E RESTAURADORAS (ADAPTADO DE DE MARCH, 2018).....	20
FIGURA 7 : CAVIDADE DE ACESSO NOS INCISIVOS MAXILARES (A E B) E MANDIBULARES (C) (ADAPTADO DE BODEREAU, 2016)	21
FIGURA 8 : CAVIDADE DE ACESSO NUM CANINO MAXILAR (A) E MANDIBULAR (B) (ADAPTADO DE BODEREAU, 2016).....	22
FIGURA 9 : CAVIDADE DE ACESSO NUM PREMOLAR MAXILAR (A) E MANDIBULAR (B) (ADAPTADO DE BODEREAU, 2016).....	22
FIGURA 10 : CAVIDADE DE ACESSO NUM MOLAR MANDIBULAR (ADAPTADO DE DE MARCH, 2018)	24
FIGURA 11 : DESENHO DE ACESSO PARA DEMONSTRAR A LOCALIZAÇÃO TÍPICA DO CANAL MESIOLINGUAL (ML) EM RELAÇÃO AO MESIOVESTIBULAR (MB), DISTOBUCAL (D) E CANAIS PALATINOS EM UM MOLAR MAXILAR. FOTOGRAFIAS DO MOLAR MAXILAR ANTES (B) E DEPOIS (C) PREPARAÇÃO DA ENTRADA DO CANAL ML. (ADAPTADO DE BALDASSARI-CRUZ E AL., 2002)	25
FIGURA 12 : (A) ACESSO INADEQUADO À LINHA RETA RESULTANDO NA PONTA DA LIMA TENTANDO SE ENDIREITAR (SETA VERMELHA). (B) O REFINAMENTO DA FORMA DA CAVIDADE DE ACESSO RESULTA NO ACESSO EM LINHA RETA SEM OBSTÁCULOS AO CANAL RADICULAR. (C) O CANTO MESIOVESTIBULAR DA CAVIDADE DE ACESSO FOI MODIFICADO (SETA VERMELHA) PARA GARANTIR O ACESSO EM LINHA RECTA AO CANAL MESIOVESTIBULAR DESTE MOLAR INFERIOR. (ADAPTADO DE PATEL & RHODES, 2007)	26
FIGURA 13 : SEPARAÇÃO DE UM INSTRUMENTO ROTATIVO DE NÍQUEL-TITÂNIO DEVIDO A UM ACESSO INADEQUADO EM LINHA RECTA DO MESIO-BUCAL NO PRIMEIRO MOLAR SUPERIOR ESQUERDO (ADAPTADO DE PATEL & RHODES, 2007).....	26
FIGURA 14 : A PEÇA DE MÃO (KAVO 637 BELLATORQUE, KAVO DENTAL GMBH, BIBERACH, ALEMANHA) À ESQUERDA TEM UMA CABEÇA MAIS PEQUENA, QUANDO USADA COM UMA BROCA ENCURTADA, FAZ COM QUE OS DENTES MOLARES TENHAM ACESSO MAIS FÁCIL PARA OS PACIENTES COM ABERTURA RESTRITA. (ADAPTADO DE PATEL & RHODES, 2007)	27
FIGURA 15 : (A-F) CBCT RECONSTRUÇÕES E SEGMENTAÇÕES TRIDIMENSIONAIS DE MOLARES INFERIORES PREPARADAS COM DIFERENTES DESENHOS DE CAVIDADES DE ACESSO EM (A-C) A VISÃO SAGITAL E (D-F) A VISTA AXIAL NA SUPERFÍCIE OCLUSAL. (A E D) UMA CAVIDADE DE ACESSO TRADICIONAL (ROXO), (B E E) UMA CAVIDADE DE ACESSO CONSERVADORA (VERDE), E (C E F) A CAVIDADE DE ACESSO "NINJA" ULTRACONSERVADORA (VERMELHA) É SEGMENTADA EM RECONSTRUÇÕES DE CBCT (ADAPTADO DE PLOTINO E AL., 2017)	28
FIGURA 16 : A DIREÇÃO E EXTENSÃO DO TREC E SUA PONTE ESMALTE/DENTINA PRESERVADA SÃO VISÍVEIS EM 1 DENTE ACESSADO COM UM TREC APÓS SEU PREPARO ENDODÔNTICO, OBTURAÇÃO DOS CANAIS RADICULARES E RESTAURAÇÃO DO ACESSO ENDODÔNTICO (ADAPTADO DE CORSENTINO E AL., 2018).....	28
FIGURA 17 : CAVIDADE DE ACESSO MINIMAMENTE INVASIVA DE UM MOLAR MAXILAR PARA OBTEN A ESTABILIZAÇÃO CIRCUNFERENCIAL DA RESTAURAÇÃO COM VISTA PARA OS ORIFÍCIOS DO CANAL: A) PALATINO; B) MESIOVESTIBULAR 1 E 2; C) DISTOBUCAL (ADAPTADO DE BÜRKLEIN & SCHÄFER, 2015)	29
FIGURA 18 : PREPARAÇÃO DE ACESSO MINIMAMENTE INVASIVA NO DENTE 37. (A) VISTA DO PREPARO DE ACESSO; (B) APÓS O PREENCHIMENTO DO CANAL RADICULAR (ADAPTADO DE GLUSKIN ET AL., 2014).....	29
FIGURA 19 : ENDODONTIA MINIMAMENTE INVASIVA: DESENHO DA CAVIDADE DE ACESSO (ADAPTADO DE BÜRKLEIN & SCHÄFER, 2015)	30
FIGURA 20 : PREPARAÇÃO EXCESSIVA DOS ORIFÍCIOS DOS CANAIS COM BROCAS GATES GLIDDEN (SUPERPOSIÇÃO COM UMA ABORDAGEM MINIMAMENTE INVASIVA; AS SETAS EXIBEM A ESTRUTURA DENTÁRIA ADICIONAL REMOVIDA [BRANCO]). (ADAPTADO DE BÜRKLEIN & SCHÄFER, 2015)	31
FIGURA 21 : POSSIBILIDADES DE UM MICROSCÓPIO OPERACIONAL: AMPLIAÇÃO GRADUAL DE UMA ESCALA MILIMETRADA (TAMANHO DE SAÍDA 2 MM, ESCALA 0,01 MM) (ADAPTADO DE BÜRKLEIN & SCHÄFER, 2015).....	32
FIGURA 22 : UMA COMPARAÇÃO ENTRE A TÉCNICA CONVENCIONAL (COLUNA DA ESQUERDA) E A ENDODONTIA GUIADA (COLUNA DA DIREITA). (A E B) EXEMPLOS DE MODELOS DE MAXILARES SUPERIORES APÓS PREPARAÇÃO DA CAVIDADE DE ACESSO, (C E D) VISUALIZAÇÃO DAS CAVIDADES DE ACESSO E (E E F) DO PLANO SAGITAL DE UMA TOMOGRAFIA DE CBCT PÓS-OPERATÓRIA MOSTRANDO UM INCISIVO INFERIOR. (ADAPTADO DE CONNERT E AL., 2019)	37

FIGURA 23 : EXEMPLO DO PROCESSO DE MEDIÇÃO. OBSERVAÇÃO DA CLARA VISIBILIDADE DE TODAS AS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS (ADAPTADO DE CORBELLA E AL., 2019)	39
FIGURA 24 : CBCT NO PLANO AXIAL REVELOU O TIPO VIII DE UM PRIMEIRO PRÉ-MOLAR SUPERIOR (A SETA INDICA O DENTE EXAMINADO): (A E B) CORONAL; (C) MEIO; E (D) TERÇOS APICAIS. (ADAPTADO DE ABELLA E AL., 2012).....	39
FIGURA 25 : A) VISTA APICAL DOS ÁPICES DE UM PRIMEIRO MOLAR INFERIOR COM MÚLTIPLOS FORAMENS APICAIS B) RAIZ DISTAL SECCIONADO EM VISTA DISTAL, É POSSÍVEL VER A RAMIFICAÇÃO EM UM DUPLO FORAME APICAL E UM CANAL LATERAL QUE SE ABRE NESTA RAIZ. (ADAPTADO DE GRANDE E AL., 2012)	39
FIGURA 26 : MOLAR INFERIOR SECCIONADA EM DIFERENTES NÍVEIS DAS RAÍZES PARA AVALIAR O NÚMERO E A POSIÇÃO DAS ENTRADAS DOS CANAIS RADICULARES E FORAMES APICAIS, CURVATURAS E TRAJETÓRIAS DOS CANAIS, BEM COMO A PRESENÇA DE CANAIS LATERAIS E RAMIFICAÇÕES (ADAPTADO DE GRANDE E AL., 2012)	40
FIGURA 27 : VISTA VESTÍBULO-LINGUAL (ESQUERDA) E MESIO-DISTAL (DIREITA) DUM PRIMEIRO MOLAR SUPERIOR ONDE SE PODE OBSERVAR REABSORÇÃO APICAL DA RAIZ DISTO-VESTIBULAR, PROVAVELMENTE DEVIDO À EXISTÊNCIA DE UMA LESÃO PERI-APICAL (ADAPTADO DE GRANDE E AL., 2012)	40
FIGURA 28 : VISUALIZAÇÃO PARTICULAR DOS ORIFÍCIOS DOS CANAIS RADICULARES DE UM PRIMEIRO MOLAR SUPERIOR, OS CANAIS RADICULARES MESIO-BUCAIS E MB2 DIVIDEM-SE PROFUNDAMENTE NA RAIZ MESIAL, O QUE PODE DETERMINAR A DIFÍCIL LOCALIZAÇÃO DO MB2 (ADAPTADO DE GRANDE E AL., 2012).....	40
FIGURA 29 : (A) UMA FOTOGRAFIA MOSTRANDO UMA AMPLA DIMENSÃO RADICULAR (B) UM PALATINO VISTA MOSTRANDO AS 3 RAÍZES. (C) UMA TOMOGRAFIA MICRO COMPUTADORIZADA DO MESMO DENTE MOSTRANDO A CONFIGURAÇÃO DO CANAL RADICULAR (ADAPTADO DE AHMAD & AL-JADAA, 2014)	41
FIGURA 30 : VISTA APICAL DOS VÉRTICES DE UM PRIMEIRO MOLAR SUPERIOR (ESQUERDA) NO QUAL ESTÃO PRESENTES MÚLTIPLOS PORTAIS DE SAÍDA NAS SUPERFÍCIES DAS TRÊS RAÍZES E PARTICULAR DA ANATOMIA INTERNA DA RAIZ PALATINA NA QUAL ESTÁ PRESENTE UM DELTA APICAL (ADAPTADO DE GRANDE ET AL., 2012).....	41
FIGURA 31 : A) IMAGEM CLÍNICA DO INCISIVO CENTRAL E LATERAL SUPERIOR ESQUERDO SUBMETIDO A CIRURGIA ENDODÔNTICA. (B) RADIOGRAFIA PERIAPICAL MOSTRANDO UMA LESÃO APICAL NOS DENTES 21 E 22. (C, D, E) UMA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO (CBCT) FOI REALIZADA ANTES DA CIRURGIA ENDODÔNTICA. (C) AS IMAGENS SAGITAIS E AXIAIS CONFIRMARAM UMA LESÃO APICAL CIRCUNSCRITA. NOTE-SE QUE A LESÃO APICAL NÃO AFETOU NEM AS PLACAS CORTICAIS VESTIBULARES NEM AS PALATINAS. (F) UM RETALHO SUBMARGINAL (OCHSENBEIN-LUEBKE) FOI LEVANTADO PARA OBTER ACESSO E TRATAR A LESÃO APICAL. TAMANHO FINAL DA OSTEOTOMIA. (G) AGREGADO MINERAL TRIÓXIDO (WHITE PROROOT MTA, DENTSPLY MAILLEFER) - EXTREMIDADE DA RAIZ - ÁPICE PREENCHIDO. (H) RADIOGRAFIA PÓS-OPERATÓRIA IMEDIATA. NÃO FORAM NECESSÁRIAS TÉCNICAS DE REGENERAÇÃO ÓSSEA. (I) O RETALHO FOI POSICIONADO E SUTURADO FIRMEMENTE COM SUTURAS MONOFILAMENTARES 5 0. (J) RADIOGRAFIA DE SEGUIMENTO DE DOIS ANOS MOSTRANDO CICATRIZAÇÃO QUASE COMPLETA. (ADAPTADO DE ABELLA E AL., 2012)	42
FIGURA 32 : (A) O SISTEMA ENDOVAC COMPLETO, INCLUINDO TODAS AS TUBAGENS E ACESSÓRIOS DE VÁCUO. (B) A MACROCÂNULA PRESA AO SEU CABO, USADA PARA DESCARGA DA PORÇÃO CORONAL DO CANAL. (C) A MICROCÂNULA PRESA AO SEU CABO. ESTA SUBSTITUI A MACROCÂNULA E O SEU CABO E É UTILIZADA PARA IRRIGAÇÃO NA PORÇÃO APICAL DO CANAL ATÉ AO COMPRIMENTO DE TRABALHO. (D) A PONTA DE ENTREGA/EVACUAÇÃO FIXADA A UMA SERINGA. (ADAPTADO DE NIELSEN & CRAIG BAUMGARTNER, 2007)	48
FIGURA 33 : (A) UMA IMAGEM FOTOGRÁFICA DO BLOCO METÁLICO DO CANAL. (B) IMAGEM FOTOGRÁFICO DUM DISPOSITIVO UTILIZADO PARA O TESTE DE FADIGA. (C) UMA IMAGEM MICROSCÓPICA ELETRÔNICA DE VARREDURA REPRESENTATIVA DOS INSTRUMENTOS WOG FRATURADOS. AS SETAS INDICAM A ORIGEM DA FENDA. A PRESENÇA DE ESTRIAS DE FADIGA E O A AUSÊNCIA DE ABRASÃO CIRCULAR MOSTRA A FALHA NA FADIGA FLEXURAL. (D) UMA IMAGEM ELETRÔNICA DE VARREDURA MICROSCÓPICA REPRESENTATIVA DE INSTRUMENTOS WAVEONE FRACTURADOS. AS SETAS INDICAM A ORIGEM DA FRATURA. A PRESENÇA DE ESTRIAS DE FADIGA E A AUSÊNCIA DE ABRASÃO CIRCULAR MOSTRAM A FLEXÃO FALHA POR FADIGA. (ADAPTADO DE ADIGÜZEL & ÇAPAR, 2017).....	51
FIGURA 34 : IMAGENS REPRESENTATIVAS DOS DENTES AFETADOS POR RACHADURAS APICAIS. IMAGENS OBTIDAS NA LINHA DE BASE (A) E APÓS INSTRUMENTAÇÃO COM #35.04 (B) ATINGINDO CL + 1 MM COM O ENDOWAVE. NOTE QUE O FORAME APICAL EM (A) É LIGEIRAMENTE DESVIADO DO VÉRTICE. O FORAME APICAL VISIVELMENTE MAIOR PODE TER RESULTADO DISSO, ALÉM DA INSTRUMENTAÇÃO 1 MM PARA ALÉM DO FORAME APICAL. A FENDA É INDICADA PELA SETA PRETA. A IMAGEM DE BASE (C) E A IMAGEM TIRADA APÓS A INSTRUMENTAÇÃO COM ARQUIVO #30.06 (D) TRABALHANDO NO CL COM K3 SÃO MOSTRADOS. O FORAME APICAL ESTÁ LIGEIRAMENTE AUMENTADO, E UMA FENDA ESTÁ PRESENTE, INDICADA PELA SETA. (ADAPTADO DE ADORNO ET AL., 2011).....	53
FIGURA 35 : (A,B) ESTADO PRÉ-OPERATÓRIO (A) E FOTOGRAFIA DO ACESSO INICIAL COM LIGEIRA CANELURA (B) ADAPTADO DE (CLARK & KHADEMI, 2010)	56
FIGURA 36 (A,B) : GRANDE PLANO DA CANELURA (SETA) (A) E IMAGEM DO ACESSO COM SONDA (B) ADAPTADO DE (CLARK & KHADEMI, 2010)	57
FIGURA 37 (A,B) : RADIOGRAFIA DE TRABALHO (A) E RADIOGRAFIA FINAL (B) ADAPTADO DE (CLARK & KHADEMI, 2010)....	57

FIGURA 38 : VISTA RADIOGRÁFICA PERIAPICAL DE UM INCISIVO CENTRAL SUPERIOR ESQUERDO MOSTRANDO UMA OBLITERAÇÃO PULPAR COMPLETA SEM EVIDÊNCIA DE LESÃO PERIAPICAL.	60
FIGURA 39 (A,B): (A) INCISIVO LATERAL DIREITO MAXILAR MOSTRANDO A TÍPICA DESCOLORAÇÃO AMARELADA ASSOCIADA À OBLITERAÇÃO DO CANAL DE POLPA (B) INCISIVO CENTRAL DIREITO MAXILAR MOSTRANDO UMA DESCOLORAÇÃO ACENTUADA. ESTA DESCOLORAÇÃO CINZENTA ESTÁ MAIS FREQUENTEMENTE ASSOCIADA À NECROSE PULPAR APÓS TRAUMATISMO DO QUE À OBLITERAÇÃO DO CANAL PULPAR. ADAPTADO DE (McCABE & DUMMER, 2012)	60
FIGURA 40 (A,B,C): (A) O DENTE É ISOLADO SOB UM DIQUE DE BORRACHA COM A CAVIDADE DE ACESSO PREPARADA ATÉ À PLACA DE ESMALTE LABIAL (SETAS PRETAS). A CÂMARA DE POLPA CALCIFICADA É VISÍVEL (SETA VERMELHA) COMO UMA LINHA ESCURECIDA (B) O DENTE COM UMA LIMA MANUAL DE TAMANHO 10 INSERIDA NA CÂMARA PULPAR (C) O DENTE APÓS A CONCLUSÃO DA PREPARAÇÃO DO CANAL. ADAPTADO DE (McCABE & DUMMER, 2012).....	62
FIGURA 41 : PRIMEIRO MOLAR INFERIOR DIREITO. AUMENTO DO ESPESSAMENTO DAS PAREDES DO CANAL E CONTINUAÇÃO DA MATURAÇÃO DA RAIZ APÓS A REVASCULARIZAÇÃO. (A) RADIOGRAFIA PÓS-OPERATÓRIA. (B) RADIOGRAFIA DE SEGUIMENTO AOS 18 MESES. ADAPTADO DE (BUKHARI ET AL., 2016)	65

Índice de tabelas

<i>Tabela 1 : Os 6 tipos de cavidades molares de superfície e acesso à câmara (adaptado de Clark & Khademi, 2010)</i>	55
<i>Tabela 2 : Tabela de resumo</i>	68

Lista de abreviaturas

CBCT: Cone beam computed tomography
FDI: World Dental Federation
MB: Mesio Buccal or mesiovestibular
ML: Mesiolingual
TEC: Traditional endodontic cavity
CEC: Conservative endodontic cavity
TREC: Truss endodontic access cavity
LED: Light emitting diode
CAD/CAM: Computer-aided design - computer-aided manufacturing
FOV: Field of view
ALARA: As Low As Reasonably Achievable
2D : Two dimensions
3D : Three dimensions
WO : WaveOne
WOG : WaveOne Gold
PFM: Porcelain fused to metal
CL : Canal length
MTA : Mineral Trioxide Aggregate
PAT : Triple Antibiotic Paste
HEBP : 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate

I. Introdução

Derivado do conceito de odontologia restauradora minimamente invasiva, um forte interesse clínico tem se desenvolvido nos últimos dez anos em endodontia para tratamentos minimamente invasivos. A cavidade de acesso endodôntico é um passo fundamental para o sucesso técnico do tratamento endodôntico. Os estereótipos convencionais levam à remoção da dentina saudável em áreas estratégicas para a resistência mecânica do dente e, portanto, para a sua durabilidade (Laurent, 2019).

Assim, o mundo da endodontia passou por um rápido desenvolvimento das técnicas e dos materiais, tornando os procedimentos de tratamento mais seguros, precisos e eficazes.

Resultados reprodutíveis podem então ser alcançados mesmo em morfologias difíceis do canal radicular. Além de várias melhorias materiais, o uso do microscópio em endodontia está se tornando mais difundido. É uma ferramenta importante no arsenal terapêutico utilizado em endodontia e permite otimizar cada etapa do tratamento em termos de preservação da substância dentária.

A endodontia mínima tende a preservar o máximo possível os tecidos de esmalte e dentinário, no entanto, há uma série de requisitos para o tratamento endodôntico.

A resistência à fratura dos dentes tratados endodonticamente e depois restaurados está diretamente relacionada com a quantidade de dentina restante.

As estruturas em questão devem ser preservadas o máximo possível durante o tratamento endodôntico, a fim de melhorar o prognóstico do dente tratado sem prejudicar a conclusão bem sucedida do tratamento. Parece importante tentar equilibrar as necessidades de tratamento endodôntico relacionadas com a tríade de sucesso endodôntico (desinfecção, moldagem e enchimento tridimensional e apertado), declarada por Schilder (Schilder, 1967, 1974) e agora aceita por todos (Simon e al., 2012), com a preservação da estrutura dentinária. Esta última será decisiva para a durabilidade do órgão dentário após a conclusão da restauração coronal final.

A tendência atual é para a economia e preservação dos tecidos, particularmente no que diz respeito aos dentes vitais, o que pode levantar a questão: por que não ser tão conservador quando se trata de um dente desvitalizado?

Num primeiro passo, iremos, em primeiro lugar, estabelecer os requisitos a cumprir para conseguir um tratamento endodôntico de qualidade e, em seguida, iremos aplicá-los, num segundo passo, dependendo da situação clínica, com o objetivo de preservar os tecidos de acordo com o conceito de endodontia mínimo, a fim de melhorar o prognóstico do dente tratado.

II. Metodologia da pesquisa bibliográfica

O presente trabalho tem como objetivo principal elaborar uma revisão bibliográfica relativa ao tratamento por conceito de endodontia mínima. Assim, serão referidas diversas questões, como os requisitos anatómicos da raiz e do canal, os requisitos biológicos, e os requisitos mecânicos, os meios visuais, e as diferentes situações clínicas do dente.

Para tal, foram selecionados alguns motores de busca, como *Pubmed*, *Cochrane*, *google scholar*, *Science Direct*, nomeadamente, artigos classificados como revisões sistemáticas ou meta-análises (tipos de artigo com maior nível de evidência), adicionalmente, guidelines e normativos, mais, as pesquisas foram realizadas utilizando palavras chave que permitissem alcançar os artigos mais específicos e objetivos, ou seja, foram utilizadas palavras como “ minimally invasive endodontics ” “ root anatomy ”

“ dental operating microscope ” “ CBCT ” “ tissue preservation ”. Um outro ponto seria x exemplo escolha principal de artigos recentes de alto impacto JCR “ Artigos publicados nos últimos 10 anos principalmente ”

Pesquisa 1 : Root canal morphology

Pesquisa 2 : Root canal AND minimally invasive endodontics. Pulp cavity AND minimally invasive endodontics

Pesquisa 3 : Guided endodontics AND root canal treatment. Cone beam computed tomography (CBCT) AND endodontics diagnosis. CBCT AND management of endodontics problems.

As pesquisas referidas foram efetuadas entre fevereiro de 2020 e junho de 2020, escritos em português, inglês e francês . Os critérios usados para esta seleção relacionam-se com o facto de os artigos serem em português, inglês ou francês e serem artigos completos.

Foram ainda consultados livros e revistas científicas relativas ao tema disponíveis na biblioteca da Universidade Egas Moniz, em Lisboa.

III. Desenvolvimento

1. Princípios gerais

Diferentes tipos de configuração da raiz e do canal radicular podem ser encontrados em qualquer grupo de dentes. Portanto, um conhecimento profundo de suas morfologias e variações anatômicas mais comuns pode ajudar os clínicos a detetar esses desvios durante a terapia de canais radiculares, aumentando as probabilidades de sucesso no tratamento (Martins e al., 2019).

É importante que o médico conheça e tenha em consideração estas particularidades anatômicas, a fim de adaptar a sua terapia em conformidade. Algumas informações podem ser extraídas da radiografia pré-operatória, que deve ser estudada cuidadosamente, mas o conhecimento do médico sobre anatomia dentária também é muito importante.

1.1.Requisitos anatômicos

1.1.1. Conhecimento da anatomia radicular e dos canais

O espaço de polpa é complexo, os canais radiculares podem dividir-se e voltar a juntar-se. Na forma mais simples cada raiz com um canal e um único foramen apical nem sempre é observado, estão presentes outras configurações de canais que saem da raiz com dois, três ou mais forâmens. Várias classificações têm sido propostas para descrever configurações de canais radiculares para comunicação (Bansal e al., 2018).

A classificação clínica foi dada pela primeira vez através do estudo da configuração do canal radicular na raiz mesiovestibular do primeiro molar superior, por Weine FS e al. Foi posteriormente elaborada por Vertucci FJ em 1984, incluindo configurações para três canais também. É uma das classificações mais utilizadas na maioria dos estudos (Bansal e al., 2018).

Várias características morfológicas nas quais são classificadas as configurações dos canais radiculares:

1. Com base no número de canais, do orifício ao ápice.
2. Com base no número de raízes e no número de canais de cada raiz.
3. Com base no número de istmos.

4. Nova proposta.

I. Com base no número de canais desde o orifício até ao ápice

a. Weine FS e al., foi o primeiro a categorizar as configurações do canal radicular dentro de uma única raiz em quatro tipos básicos (Figura 1) como:

- Tipo I (1-1): Um único canal vai do orifício ao ápice.
- Tipo II (2-1): Dois canais surgem da câmara pulpar e durante o seu curso se unirem em um.
- Tipo III (2-2): Dois canais correm separadamente do orifício ao ápice.
- Tipo IV (1-2): Um canal surge da câmara pulpar e durante o seu curso divide-se em dois (Weine e al., 1988).

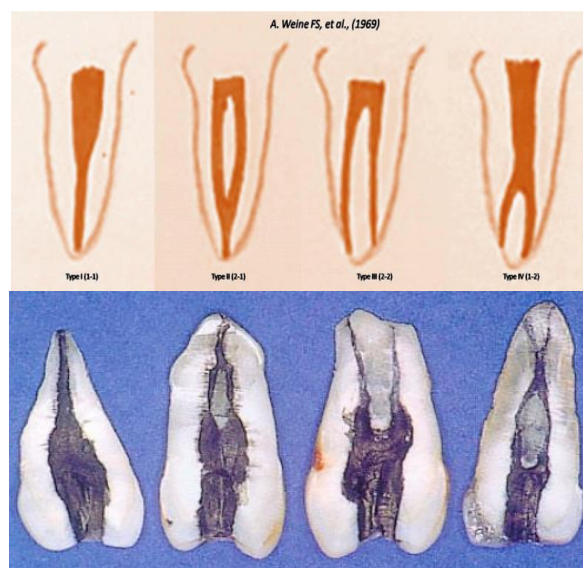


Figura 1: As configurações do canal radicular desde a câmara pulpar até o ápice radicular de acordo com Weine FS e al. (1969) (adaptado de Bansal e al., 2018)

b. Vertucci FJ depois de estudar a morfologia do canal radicular do maxilar primeiros pré-molares, elaborou ainda mais a classificação do Weine. Ele classificou os sistemas de canais radiculares em oito tipos (Figura 2) como:

- Tipo I (1-1): Um único canal vai do orifício ao ápice.
- Tipo II (2-1): Dois canais surgem da câmara pulpar e durante o seu curso se unirem em um.
- Tipo III (1-2-1): Um canal surge da câmara pulpar e durante o seu curso divide-se em dois. Estes dois canais de novo se unirem em um antes de sair do ápice.

- Tipo IV (2-2): Dois canais correm separadamente do orifício para ápice.
- Tipo V (1-2): Um canal nasce da câmara pulpar e durante o seu curso divide-se em dois.
- Tipo VI (2-1-2): Dois canais começam a partir da câmara pulpar, durante o seu curso; eles se unem em um e depois novamente se dividem em dois antes de saírem do ápice da raiz.
- Tipo VII (1-2-1-2): Um canal sai da câmara pulpar que se divide e novamente se une em seu curso e finalmente se divide em dois antes de sair do ápice da raiz.
- Tipo VIII (3-3): Três canais saem da câmara pulpar e correm independentemente em direção ao ápice (Vertucci, 1984).

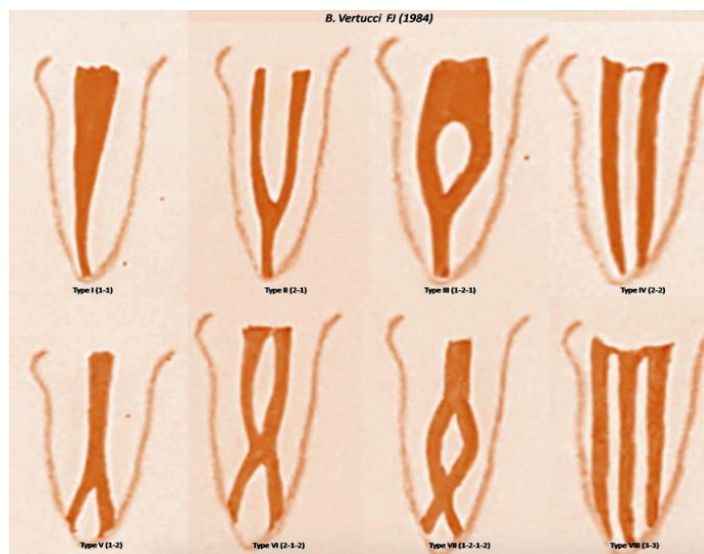


Figura 2 : As configurações do canal radicular desde a câmara pulpar até o ápice radicular de acordo com (Vertucci, 1984) (adaptado de Bansal e al., 2018)

Martins no seu artigo publicado em 2019 resume as características do estudo, a demografia do paciente e os resultados da anatomia dentária para todos os grupos de dentes. Apesar das diversidades raciais e étnicas observadas nos estudos selecionados, os dentes anteriores superiores foram relatados como tendo uma única raiz e canal radicular na maioria deles. Pelo contrário, foi relatada uma alta prevalência de um segundo canal radicular nos dentes anteriores inferiores. Os pré-molares eram, em sua maioria, dentes mono radiculares. Nos pré-molares superiores, as configurações mais comuns dos canais foram Vertucci tipos I, II e IV, enquanto nos pré-molares inferiores foi o tipo I. Em geral, os molares superiores tinham uma configuração de 3 raízes. Os segundos molares superiores também apresentaram um número considerável de

configurações de raiz simples e de raiz dupla. Uma configuração de raiz dupla também foi relatada na maioria dos primeiros molares inferiores; entretanto, em estudos chineses, taiwaneses e coreanos, a prevalência de uma configuração de raiz tripla chegou a 32%. As configurações de canais radiculares nas raízes mesiais e distais foram, em sua maioria, Vertucci tipos IV e I, respectivamente.

II. Com base no número de raízes e no número de canais de cada raiz

Zhang R e al., deu classificação para molares mandibulares somente de acordo com o número de raízes e o número de canais (Figura 3) em cada raiz :

- Variante 1: Duas raízes separadas, uma mesial e uma distal, com um canal em cada raiz.
- Variante 2: Duas raízes separadas, uma mesial e uma distal, com um canal na raiz mesial e dois canais na raiz distal.
- Variante 3: Duas raízes separadas, uma mesial e uma distal, com dois canais na raiz mesial e um canal na raiz distal.
- Variante 4: Duas raízes separadas, uma mesial e uma distal, com dois canais em cada raiz.
- Variante 5: Três raízes separadas, mesial, distobuccal e distolingual, com um canal em cada raiz.
- Variante 6: Três raízes separadas, com dois canais na raiz mesial e um canal cada um na distobucal e raízes distolinguais.
- Variante 7: Quatro raízes separadas, mesiovestibular, mesiolinguais, distobuccal e distolingual, com um canal em cada raiz (Zhang e al., 2011).

Silva EJNL e al., acrescentaram mais três variantes para os molares mandibulares (Figura 3) que eram :

- Variante 8: Uma raiz com um canal,
- Variante 9: Uma raiz com dois canais
- Variante 10: Uma raiz com três canais (Silva e al., 2013).

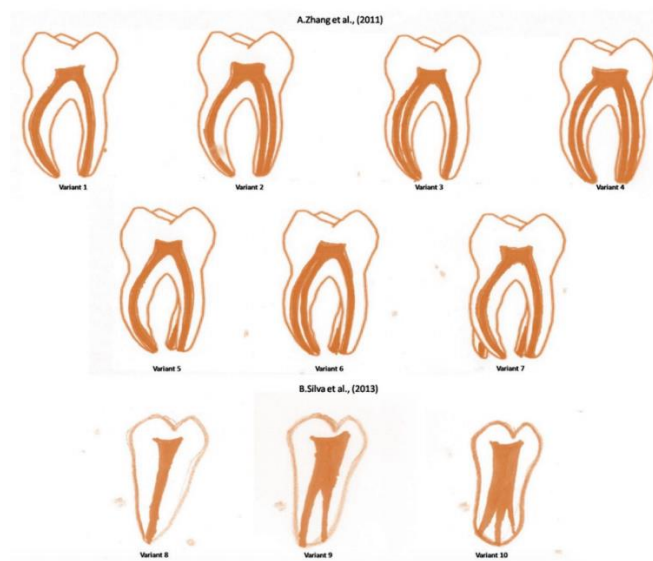


Figura 3 : As configurações do canal radicular desde a câmara pulpar até o ápice radicular de acordo com (A) Zhang R e al., (B) Silva EJNL e al., (adaptado de Bansal e al., 2018)

III. Com base no número de Istmos: Kim SY Dividiu o Ápice em Cinco Tipos (Figura 4)

- Tipo I: Dois canais na ponta da raiz sem qualquer ligação.
- Tipo II: Dois canais com conexão incompleta entre eles.
- Tipo III: Três canais na ponta da raiz sem qualquer conexão.
- Tipo IV: Extensão do canal principal resultando em uma forma de rasgo.
- Tipo V: Dois canais com ligação completa entre eles (S.-Y. Kim e al., 2013).

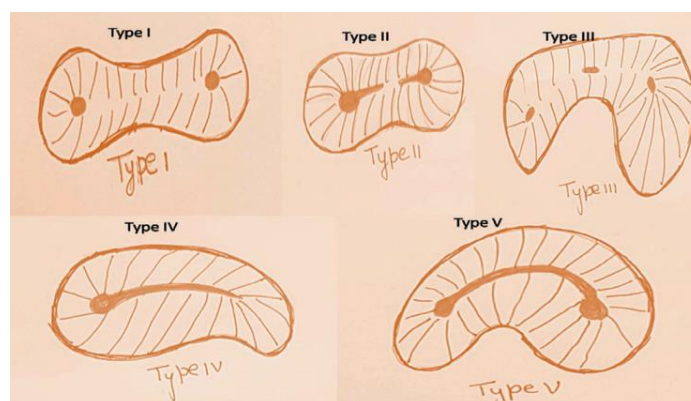


Figura 4 : : Classificação de acordo com isthmus por Kim SY (adaptado de Bansal e al., 2018)

Classificação proposta por Weine FS e al., Vertucci FJ e al., foi a classificação mais comumente utilizada por vários pesquisadores em seus estudos (Jung e al., 2005), além

de oito tipos de configurações de canais radiculares sugeridos por Vertucci FJ e al., tipos adicionais foram relatados em vários estudos (Ratanajirasut e al., 2018).

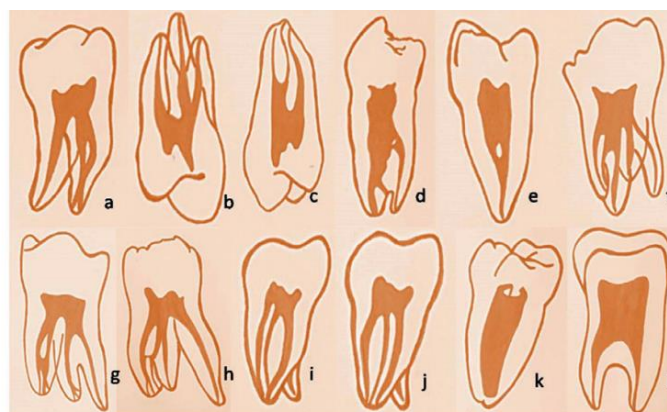
Estas classificações não consideram a posição do foramen apical através do qual o canal radicular sai (Somasundaram e al., 2017).

Outra limitação dessas classificações é que ela não explicou em que raiz dos canais de dentes multirradiculares estão enclausurados (Lee e al., 2014).

Além disso, características morfológicas a serem consideradas enquanto se dá um sistema de nomenclatura: tipo de dente, raiz na qual a configuração está enclausurada, configuração do canal radicular do orifício ao ápice local em que o canal radicular sai do ápice radicular, variações anatômicas como canal em forma de C, etc.

IV. Nova proposta

- Número do dente: O número do dente pode ser escrito usando FDI sistema de nomenclatura.
- Nomenclatura de raiz escrita no lado direito do dente número.
- O curso do canal em cada raiz mencionada em redondo parênteses escritos no lado direito da nomenclatura de cada raiz.
- Número de forâmen através do qual o canal está saindo no apex é mencionado depois de colocar a barra no curso do canal.
- Proposta de variações anatômicas:
 - “ C- ” O canal pode ser mencionado pela letra "C" adicionada à esquerda do número do dente. A fusão entre canais pode ser representada (-) entre canais
 - O taurodontismo pode ser mencionado adicionando a letra "T" à esquerda do número do dente.
 - Uma única raiz pode ser mencionada adicionando a letra "R" adicionada à direita do número do dente.
 - Similarmente canal mesial médio, ou seja, canal entre MB e o canal ML pode ser escrito como 3-3, 3-2 ou 3-1, dependendo no curso do canal médio desde o orifício até ao ápice (Bansal e al., 2018).



a. 47 M(1-2-1-2/2) D(1-1-1/1) e. 34 R(1-2-1/1) i. 46M(3-2/2)D(1/1)
 b. 24 M(1/1) D(1/1) P(1/1) f. 36MB(2/2)ML(1/1)DB(1/1)DL(1/1) j. 46M(3/3)D(1/1)
 c. 24 B(1-2/2) P(1/1) g. 36M(1-2-1-3/3)DL(1-3/3)DB(1/1) k. C 47(ML-MB-D)
 d. 34 B(1-2/2) P(2-1/1) h. 16MB(1-2-1-2-3/3)DB(1/1)P(1/1) l. T 47 M(1/1)D(1/1)

Figura 5 : As configurações de canal radicular propostas desde a câmara pulpar até ao ápice radicular (adaptado de Bansal e al., 2018)

1.1.2. Conhecimento da localização e dimensões das cavidades de acesso

Uma boa compreensão e um conhecimento detalhado da morfologia do canal radicular e da câmara pulpar é essencial para alcançar cavidades de acesso eficazes e eficientes, lembrando que "acesso é sucesso".

É importante lembrar que a cavidade de acesso deve ser dinâmica durante todo o tratamento endodôntico, e adaptar-se à anatomia do canal radicular para poder seguir sua trajetória.

A criação de uma cavidade de acesso é um compromisso entre a preservação da integridade estrutural do dente e a abertura suficiente para um bom tratamento (visibilidade, acesso direto dos instrumentos ao terço apical sem entraves).

A perda de resistência do dente endodonticamente tratado está diretamente ligada ao volume e localização da perda de substância, seja ela patológica (dano criogénico ou iatrogénico) ou terapêutica (tratamento endodôntico).

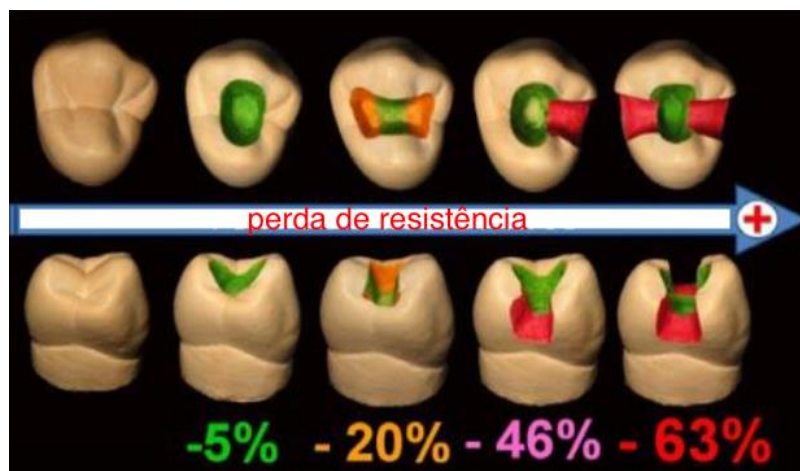


Figura 6 : Redução da força dentária resultante de cavidades endodônticas e restauradoras (adaptado de de March, 2018)

Assim, quanto maior a quantidade de substância dentária perdida, mais a estrutura residual é enfraquecida e, portanto, suscetível a fraturas. As cristas marginais têm um papel fundamental na força do dente. Se faltar uma, o anel em torno da periferia do dente é quebrado e o dente não é suficientemente forte e esta descontinuidade enfraquece o dente (-46% de força). Se ambas as cristas se perderem, o fenômeno é ainda mais importante (-63%), as paredes vestibulares e linguais de cada lado da cavidade mesio-oclusal-distal correm o risco de se flexionarem e depois fraturarem devido a forças oclusais, e isto é tanto mais verdade quanto as restantes secções são finas.

Uma maior quantidade de dentina coronal e em particular cervical permite obter um efeito de cerclagem no dente despolpado restaurado, o que aumenta significativamente a resistência à fratura do dente tratado graças a uma melhor distribuição das tensões (Dietschi e al., 2008).

Por outro lado, Krapez e al. (2013) observaram mais fraturas aos 5 anos de pós-operatório em dentes que tinham uma cavidade de acesso muito grande.

Esta abordagem permite um melhor prognóstico do dente a longo prazo, preservando uma quantidade suficiente de dentina coronal (Krapež & Fidler, 2013).

As cavidades de acesso tendem a ser padronizadas de acordo com o tipo de dente, mas com as modernas técnicas endodônticas utilizando um microscópio operacional e lentes de aumento que proporcionam ampliação e melhor iluminação, uma cavidade de acesso é agora essencialmente ditada pela morfologia individual da câmara pulpar do dente tratado e pela indicação para o tratamento endodôntico ou retratamento :

- Nos incisivos e caninos:

A forma da cavidade de acesso para a máxima preservação deve reduzir o diâmetro mesiodistal, a fim de respeitar ao máximo as cristas marginais. A borda livre ou ponta canina, assim como o cingulo, também devem ser preservados.

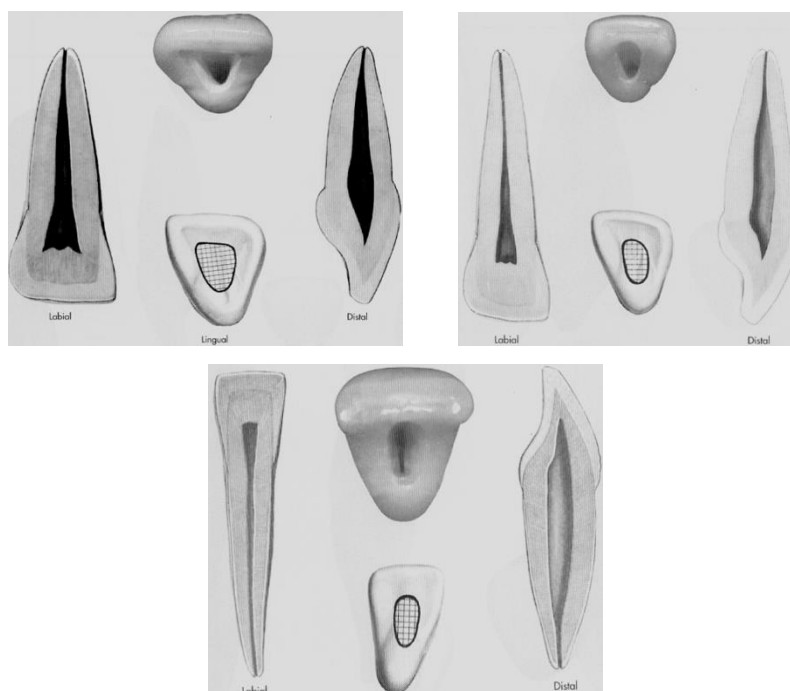


Figura 7 : Cavidade de acesso nos incisivos maxilares (a e b) e mandibulares (c) (adaptado de Bodereau, 2016)

A projeção dos cornos pulpares na superfície lingual orienta os limites do acesso inicial. No entanto, em certas situações clínicas, estas recomendações podem ser limitadas:

- A presença de uma curvatura da raiz vestibular resulta na necessidade de compensar a cavidade de acesso em direção ao cingulo, a fim de promover o acesso em linha reta para instrumentos endodônticos (reduzindo assim as tensões instrumentais).
- Da mesma forma, uma curvatura palatina ou lingual do canal radicular resulta na necessidade de compensar a cavidade de acesso em direção à borda livre do dente tratado.
- As retrações pulpares são frequentes nos incisivos e caninos após um trauma pontual (acidente) ou repetido (desgaste) ou a realização de restaurações após um dano carioso ou um evento traumático. A presença dessas retrações pulpares pode dificultar o acesso ao sistema endodôntico e levar a uma cavidade de acesso mais dilapidada.

- Um incisivo mandibular com dois canais também necessitará de uma cavidade de acesso maior.

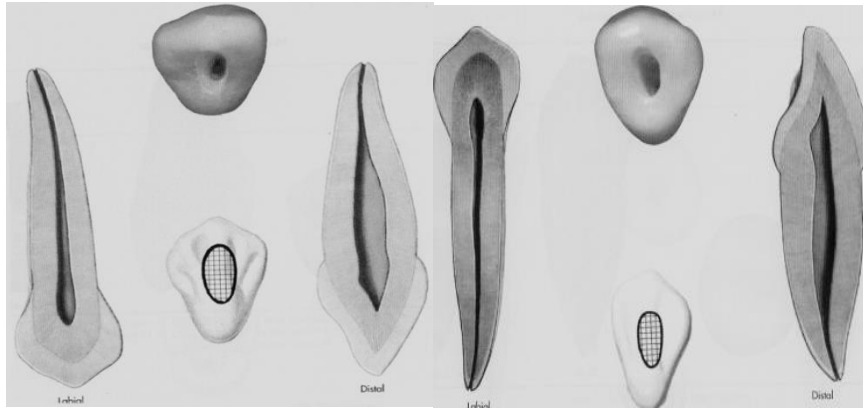


Figura 8 : Cavidade de acesso num canino maxilar (a) e mandibular (b) (adaptado de Bodereau, 2016)

Tradicionalmente, a forma da cavidade de acesso nos dentes anteriores é triangular, de modo a alcançar os cornos pulpaes.

Nos dentes desgastados, a cavidade de acesso também será de interesse para a borda livre, a fim de obter este acesso em linha reta.

- Nos pré-molares:

Ao realizar a cavidade de acesso, as cúspides vestibulares e palatinas e as cristas marginais devem ser preservadas.

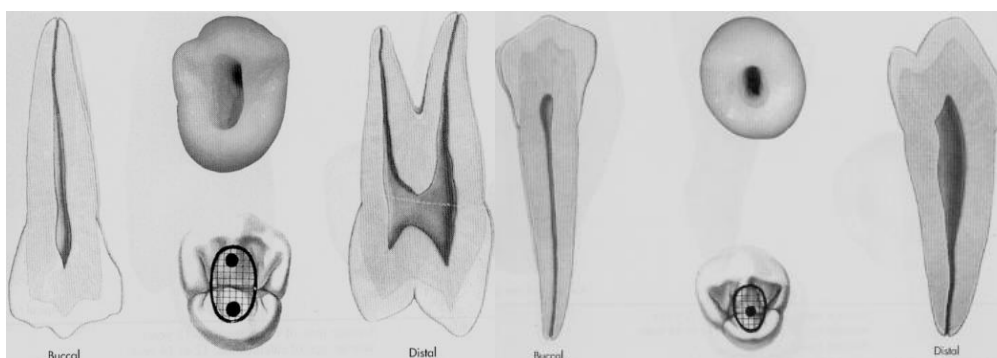


Figura 9 : Cavidade de acesso num premolar maxilar (a) e mandibular (b) (adaptado de Bodereau, 2016)

Entretanto, nos pré-molares inferiores, o eixo da coroa é diferente do eixo da raiz, especialmente para o primeiro pré-molar, portanto a cavidade de acesso deve ser compensada em direção à cúspide vestibular, o que pode comprometer a preservação

dessa cúspide. Além disso, dada a sua complexa anatomia de canais, é essencial procurar um segundo canal que conduza a um alargamento da cavidade de acesso.

- Nos molares:

A fim de preservar as cristas marginais, a metade distal da superfície oclusal será preservada. Como a trajetória ideal dos canais distais dos molares superiores e inferiores é fortemente inclinada mesialmente, os canais distais dos molares inferiores estão relacionados com as cúspides mesio-vestibulares ou mesio-lingual, e os canais disto-vestibulares dos molares superiores estão relacionados com as cúspides palatinas.

O profissional deve prestar atenção ao paralelismo das paredes da cavidade de acesso com a superfície externa do dente para evitar qualquer perfuração, especialmente na parede mesial dos molares. Na verdade, um dente "estrangulado" em cervical (alto índice Le Huche) apresenta uma angulação marcada da parede mesial. Isto diz respeito principalmente aos molares superiores (canal mesio-vestibular) (especialmente o 2º molar maxilar) e inferiores (canais mesiais). É então aconselhável preservar os triângulos dentinários porque a sua remoção completa levaria a um afinamento por vezes excessivo ou mesmo crítico das paredes dentinárias, o que poderia levar a um enfraquecimento da região cervical (Dejou e al., 1990).

No entanto, isto complica o acesso direto em linha recta ao terço apical do canal e pode levar a tensões instrumentais que podem resultar em fratura instrumental ou no transporte interno ou externo do canal radicular.

De Pablo no seu artigo publicado em 2010, concorda que a etnicidade é um fator predisponente para variações anatômicas como o número de raízes, mas não demonstrara qualquer relação direta entre etnia e configuração do sistema de canais radiculares. Esta variação pode ser considerada uma característica geneticamente determinada. A maioria da literatura concorda que a presença de uma terceira raiz é uma característica anatômica esperada das populações mongoloide, nativo-americana, esquimó e chinesa (de Pablo e al., 2010).



Figura 10 : Cavidade de acesso num molar mandibular (adaptado de de March, 2018)

A cavidade de acesso é rectangular ou trapezoidal, dependendo do número de canais presentes. Os canais mesiais são geralmente curvados distalmente e suas entradas são geralmente bastante distantes da linha média mesiodistal do dente, o que pode dificultar a identificação da entrada para o canal mesio-vestibular. (Figura 10)

Se houver apenas um canal distal centrado na raiz, a sua entrada de canal é normalmente oval. Se dois canais estiverem presentes, as entradas do canal tendem a ser mais redondas e estão normalmente ligadas por um istmo.

Nos molares maxilares, a cavidade de acesso deve ser romboidal em contorno e posicionada nos dois terços mesiais da superfície oclusal em relação à ponte de esmalte, que é uma viga de grande resistência do dente. O ML pode ser difícil de localizar e, idealmente, deve ser identificado com um ou mais auxílios visuais uma vez que os três primeiros canais tenham sido preparados. Um relatório sugeriu que 71% destes canais são encontrados por dentistas usando um microscópio; 63% por dentistas usando lentes de aumento; mas apenas 17% sem auxílios visuais (Baldassari-Cruz e al., 2002).

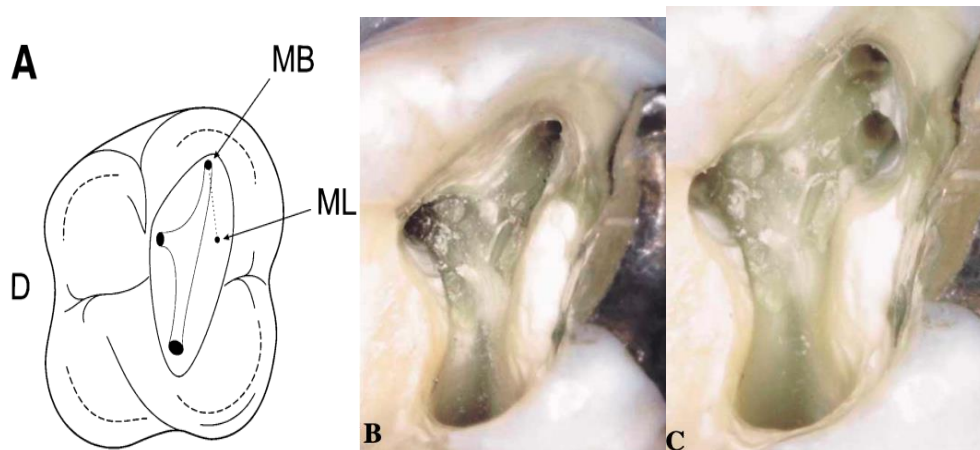


Figura 11 : Desenho de acesso para demonstrar a localização típica do canal mesiolingual (ML) em relação ao mesiovestibular (MB), distobucal (D) e canais palatinos em um molar maxilar. Fotografias do molar maxilar antes (B) e depois (C) preparação da entrada do canal ML. (adaptado de Baldassari-Cruz e al., 2002)

Em geral, certas situações clínicas podem limitar a criação de uma cavidade mínima de acesso:

- As dimensões da câmara pulpar e a localização das entradas dos canais radiculares são influenciadas pela quantidade e posição da dentina terciária em resposta à cárie. Da mesma forma, nos idosos, a dentina secundária provoca uma redução no volume da câmara pulpar, e o tamanho do lúmen do canal radicular.

- As entradas do canal também podem ser obstruídas por calcificações pulpare e outras calcificações distróficas, tornando-as difíceis de identificar. Isso muitas vezes resulta na perda de pontos anatômicos úteis.

- Por outro lado, em indivíduos jovens, o grande volume da câmara pulpar pode levar a uma significativa cárie dentária durante a criação da cavidade de acesso, se o teto pulpar for completamente removido.

Por isso, é necessário ter cuidado para não abrir completamente este tipo de câmara pulpar e para estabelecer uma desinfecção eficaz, utilizando instrumentos ultra-sônicos e ajudas visuais (Caron e al., 2010).

Uma cavidade de acesso deve ser idealmente pequena, mas evolui de acordo com a anatomia e curvaturas do canal, por isso deve ser considerada dinâmica.

Uma vez identificadas as entradas do canal radicular, a cavidade de acesso pode ser modificada de acordo com as necessidades dos vários instrumentos endodônticos para

permitir que eles tenham acesso direto, sem restrições, ao terço coronal do canal e, em seguida, ao terço apical à medida que a moldagem endodôntica progride (Caron, 2009). O uso de brocas Gates remove tensões coronais para permitir o acesso passivo ao terço apical, no entanto, elas devem ser limitadas a esse uso.

O acesso em linha reta reduzirá a probabilidade de problemas iatrogênicos, como estradas falsas, paradas, endireitamento de canais curvos, e também permitirá a inserção mais fácil de instrumentos rotativos durante a preparação (Patel & Rhodes, 2007).

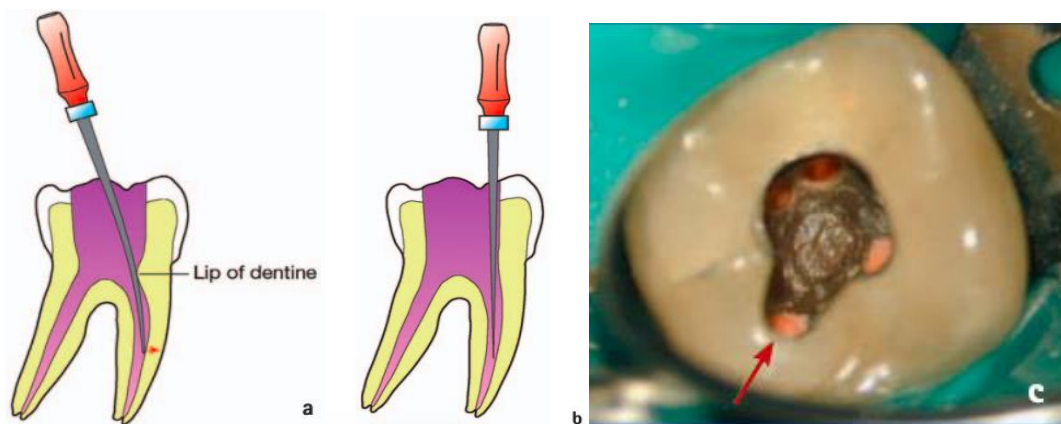


Figura 12 : (a) Acesso inadequado à linha reta resultando na ponta da lima tentando se endireitar (seta vermelha). (b) O refinamento da forma da cavidade de acesso resulta no acesso em linha reta sem obstáculos ao canal radicular. (c) O canto mesiovestibular da cavidade de acesso foi modificado (seta vermelha) para garantir o acesso em linha recta ao canal mesiovestibular deste molar inferior. (adaptado de Patel & Rhodes, 2007)

O acesso em linha recta é essencial quando se utilizam instrumentos de níquel-titânio. Embora esses instrumentos sejam muito flexíveis, o acesso em linha recta pode resultar na distorção das limas e na eventual separação devido à fadiga cíclica.



Figura 13 : Separação de um instrumento rotativo de níquel-titânio devido a um acesso inadequado em linha recta do mesio-bucal no primeiro molar superior esquerdo (adaptado de Patel & Rhodes, 2007)

Uma abertura bucal limitada ou um dente mal posicionado pode causar dificuldade em alinhar corretamente a peça de mão ao longo do eixo principal do dente.

Nestes casos também é possível utilizar um contra-ângulo com uma cabeça angulada.



Figura 14 : A peça de mão (KaVo 637 Bellatorque, KaVo Dental GmbH, Biberach, Alemanha) à esquerda tem uma cabeça mais pequena, quando usada com uma broca encurtada, faz com que os dentes molares tenham acesso mais fácil para os pacientes com abertura restrita. (adaptado de Patel & Rhodes, 2007)

Um dos passos mais importantes para um tratamento endodôntico bem sucedido é a preparação da cavidade de acesso. O desenho tradicional da cavidade endodôntica (TEC) para diferentes tipos de dentes permaneceu inalterado por décadas, e apenas pequenas modificações foram feitas (Gianluca Plotino e al., 2017).

A preparação prolongada das cavidades de acesso endodôntico reduz criticamente a quantidade de dentina sólida e aumenta a deformabilidade do dente (Bassir e al., 2013). Recentemente, a preparação conservadora da cavidade endodôntica (CEC) para minimizar a remoção da estrutura dentária e preservação de parte da cobertura da câmara e da dentina pericervical foi relatada na literatura. Seguindo esse conceito, recentemente foi proposta uma abordagem extremamente conservadora, convencionalmente conhecida como "ninja". Esta técnica pode melhorar a resistência à fratura dos dentes tratados endodonticamente.

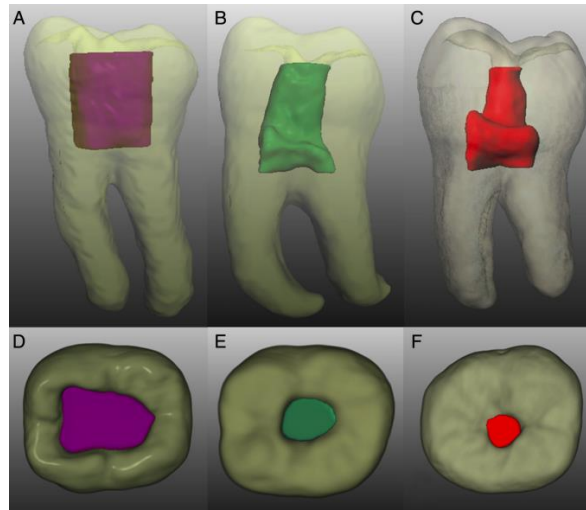


Figura 15 : (A-F) CBCT reconstruções e segmentações tridimensionais de molares inferiores preparadas com diferentes desenhos de cavidades de acesso em (A-C) a visão sagital e (D-F) a vista axial na superfície oclusal. (A e D) Uma cavidade de acesso tradicional (roxo), (B e E) uma cavidade de acesso conservadora (verde), e (C e F) A cavidade de acesso "ninja" ultraconservadora (vermelha) é segmentada em reconstruções de CBCT (adaptado de Plotino e al., 2017)

Os casos apresentados nas imagens seguintes podem ser assustadores devido às suas pequenas cavidades de acesso. Todo o tecido pulpar seria removido praticamente sem estrutura dentária. Os tratamentos endodônticos são realizados através de cavidades restauradoras ou simplesmente através de orifícios feitos em frente às entradas do canal radicular, deixando quase todo o teto da câmara pulpar.

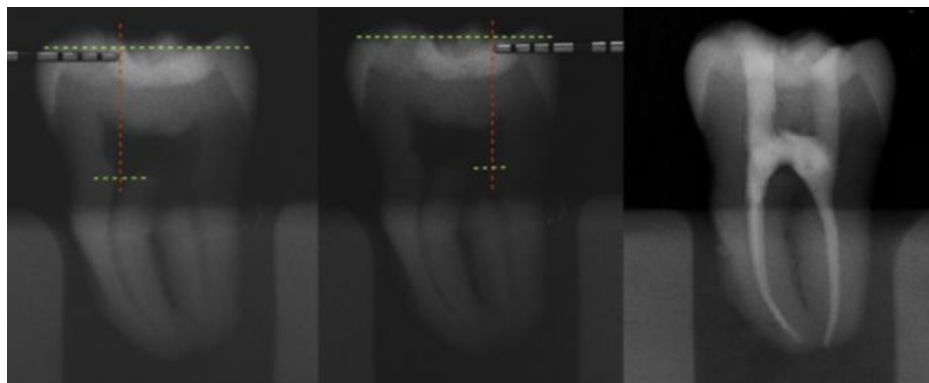


Figura 16 : A direção e extensão do TREC e sua ponte esmalte/dentina preservada são visíveis em 1 dente acessado com um TREC após seu preparo endodôntico, obturação dos canais radiculares e restauração do acesso endodôntico (adaptado de Corsentino e al., 2018)

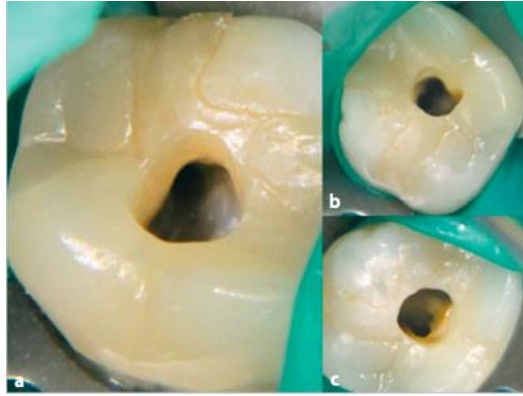


Figura 17 : Caverna de acesso minimamente invasiva de um molar maxilar para obter a estabilização circunferencial da restauração com vista para os orifícios do canal: a) palatino; b) mesiovestibular 1 e 2; c) distobucal (adaptado de Bürklein & Schäfer, 2015)



Figura 18 : Preparação de acesso minimamente invasiva no dente 37. (a) Vista do preparo de acesso; (b) Após o preenchimento do canal radicular (adaptado de Gluskin et al., 2014)

Este tipo de caso levanta questões sobre a qualidade da desinfecção, a remoção completa do tecido pulpar (cameral e radicular) e as tensões sobre os instrumentos endodônticos ao moldar através de cavernas de acesso tão mínimas. Além disso, e quanto à aplicação prática de tais técnicas quanto à sua viabilidade e reprodutibilidade na prática diária, como se pode ter a certeza de chegar ao(s) corno(s) pulpar(es) fazendo o orifício de acesso sem planejamento prévio usando um exame do CBCT ? Pode-se então pensar no equilíbrio benefício/risco de tais práticas porque, apesar de muito conservador das estruturas dentárias coronárias, qual será a eficácia do tratamento endodôntico realizado?

1.1.3. Análise pré-operatória

A probabilidade de obter acesso adequado para o tratamento endodôntico deve ser determinada durante o planejamento do tratamento. Uma vez confirmada a acessibilidade, é necessário visualizar mentalmente a localização e orientação da câmara pulpar. A presença de uma restauração coronária pode enganar esta avaliação.

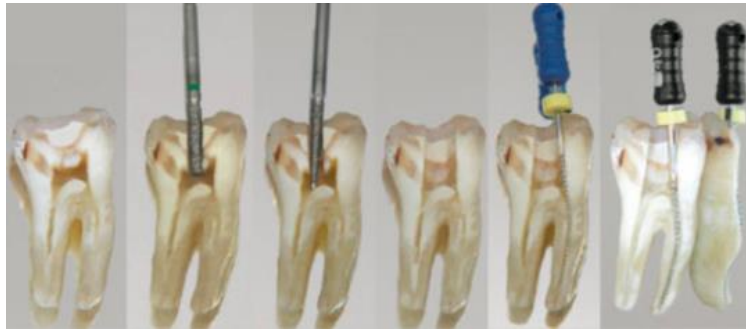


Figura 19 : Endodontia minimamente invasiva: desenho da cavidade de acesso (adaptado de Bürklein & Schäfer, 2015)

As radiografias pré-operatórias retroalveolares ortocêntricas e excêntricas (distoexcêntricas para molares e mesioexcêntricas para outros dentes para evitar sobreposições e obter melhor visibilidade para a leitura das imagens) podem ajudar nesse exercício e são um pré-requisito indispensável para o tratamento endodôntico e para o preparo de uma cavidade de acesso minimamente invasiva.

A análise das radiografias pré-operatórias permite uma primeira orientação quanto à localização da câmara pulpar e das entradas do canal radicular, o que condiciona o bom andamento do tratamento endodôntico até o seu sucesso final. Permite determinar o número de raízes, e as suas características morfológicas (curta ou longa, estocável ou pequena, presença de curvatura, sua orientação, grau e raio de curvatura) para evitar o excesso de preparação.



Figura 20 : Preparação excessiva dos orifícios dos canais com brocas Gates Glidden (superposição com uma abordagem minimamente invasiva; as setas exibem a estrutura dentária adicional removida [branco]). (adaptado de Bürklein & Schäfer, 2015)

Também é importante analisar o tronco cervical do dente a ser tratado, sua altura, o índice Le Huche (a diferença entre o maior diâmetro mesiodistal do dente e o diâmetro mesiodistal ao nível cervical do preparo) que vai nos indicar a "constricção cervical do dente" e a divergência radicular que deve ser avaliada a fim de evitar qualquer risco de perfuração durante a construção da cavidade de acesso e a busca de entradas do canal radicular (Brabant, 2010).

1.1.4. Auxílios visuais

Os dispositivos de ampliação, assim como a iluminação coaxial associada ao uso de micro-instrumentos, melhoraram muito a compreensão da qualidade da endodontia pelo clínico e contribuíram diretamente para a melhoria dos tratamentos considerados. Introduzidas na endodontia nos anos 1990, as ferramentas de ampliação mais comuns são as lupas e o microscópio operacional (Rubinstein & Kim, 1999) e, mais recentemente, o endoscópio (Bahcall & Barss, 2003).

O uso combinado de um conjunto de várias óticas pode permitir ao operador melhorar a qualidade dos procedimentos endodônticos não cirúrgicos. (Engelke et al., 2015) Sem auxílios visuais, os procedimentos de canal radicular são realizados sem uma visão direta de todo o sistema de canais radiculares, especialmente na presença de canais curvos.

A sensibilidade tátil combinada com a radiografia de diagnóstico é então essencialmente a única base para o tratamento.

Isto levanta a questão se uma melhor visibilidade leva a uma melhor preservação da estrutura dentária?

Note que a resolução do olho humano é de cerca de 0,2 mm.

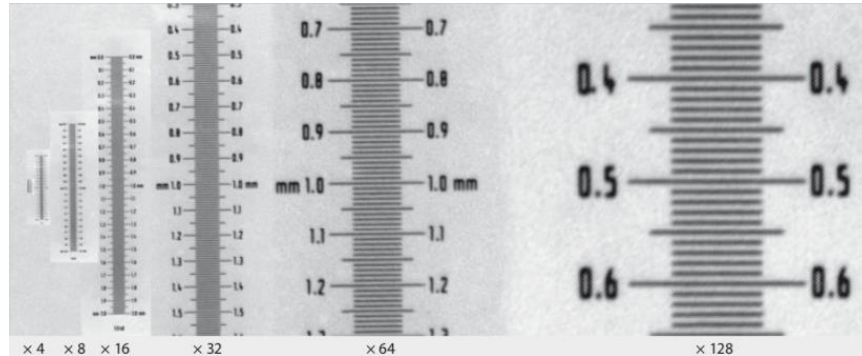


Figura 21 : Possibilidades de um microscópio operacional: ampliação gradual de uma escala milimetrada (tamanho de saída 2 mm, escala 0,01 mm) (adaptado de Bürklein & Schäfer, 2015)

Com um microscópio cirúrgico, a resolução pode ser aumentada até um máximo de 6 μ m. Assim, o uso de sistemas de ampliação torna-se um pré-requisito indispensável para a implementação de endodontia, no mínimo.

1.1.4.1.As lupas

Estes sistemas óticos oferecem ampliações e distâncias de trabalho fixas e inicialmente definidas.

As lupas podem ser de 2 tipos:

- Simples: com uma ampliação ótica de $\times 0,7$ a $\times 2$
- Binóculos: é um microscópio estereoscópico que proporciona uma imagem tridimensional de baixa ampliação. Também é chamado de telescópio, que é uma lupa combinada com um telescópio, este último reproduzindo a própria lupa.

Os telescópios podem seguir o princípio ótico do telescópio Galileu (ampliações binoculares relativamente baixas, até cerca de $\times 2,5$) ou o sistema Kepler (escolha livre do fator de ampliação e da distância focal).

Na odontologia, as ampliações entre $\times 3,2$ e $\times 7$ e as distâncias de trabalho de 250 a 450 mm são comuns.

As características comuns das lupas são :

- a ampliação e a distância de trabalho que são inicialmente definidas de acordo com o operador
- sistemas de montagem, distância interocular e inclinação da ótica que são adaptados ao operador.

No entanto, estes dispositivos de auxílio visual podem ter algumas desvantagens:

- O peso das lupas, especialmente quando combinado com iluminação brilhante, pode causar dor na região cervical, assim como as lupas "coladas", que têm um campo de visão mais ou menos horizontal.

A postura ergonômica tem de ser adaptada. Implica uma ligeira flexão permanente do pescoço em relação à distância operacional a ser adotada para se obter uma visão clara (Ayatollahi e al., 2012).

Em conclusão, usando aparelhos de ampliação como as lupas Galileanas ou Keplerianas, os dentistas com baixa acuidade visual natural podem ver melhor do que os dentistas com alta acuidade visual natural sem aparelhos de ampliação (Eichenberger e al., 2011).

1.1.4.2.O microscópio operacional

- **Princípio do microscópio**

O objetivo de um microscópio forma, num tubo, uma imagem ampliada (imagem intermédia) do objeto em observação e esclarecido por uma fonte de luz. Esta imagem é então ampliada usando uma ocular. Na odontologia, só são utilizados sistemas do tipo Galileu. Eles são baseados na combinação do princípio da lupa e um sistema ótico binocular.

Os valores de ampliação ótica (3 ou 5 níveis, dependendo das opções) variam de $\times 4$ a $\times 25$ ou $\times 40$. A distância focal da objetiva determina a distância de trabalho entre o microscópio e o campo de visão. Dependendo do modelo de microscópio operacional, podem estar disponíveis objetivas intercambiáveis, variando de 25 a 25 mm, para distâncias focais de 200 a 400 mm. O seu valor altera as ampliações proporcionalmente (Carr & Murgel, 2010).

- **Acessórios e periféricos**

O divisor ótico, interposto entre os tubos binoculares e o corpo do microscópio, funciona como um divisor de luz que divide o feixe de luz no caminho de volta aos olhos do usuário. Este divisor é especialmente necessário para trazer luz a um dispositivo periférico como uma câmara de vídeo usada para gravar dados clínicos para fins de documentação clínica ou legal.

Os oculares podem ser fixados ao tubo para trabalho em equipe.

Podem ser adicionados filtros na objetiva ou na fibra ótica de iluminação para evitar a polimerização prematura dos compósitos foto polimerizáveis (laranja) ou para facilitar a leitura de um campo cirúrgico hemorrágico (verde). Um diafragma, localizado entre o tubo binocular e o corpo do microscópio, pode aumentar a profundidade de campo até $\times 2$, mas reduz a iluminação redutora (Carr & Murgel, 2010).

Microscópio ótico ou lupas binoculares?

O microscópio requer uma fase de aprendizagem mais longa e rigorosa que as lupas, em termos de domínio de uma nova visualização dos tecidos observados, do uso de instrumentos específicos, mas também da ergonomia e da posição de trabalho, a fim de evitar dores lombares. Por outro lado, seus tubos binoculares podem ser oferecidos em diferentes versões; evite a versão fixa com uma inclinação de 45° e prefira as versões mais elaboradas com inclinações que variam de 0 a 180° para evitar dores no pescoço a curto prazo.

Em ampliações baixas, o microscópio corresponde a lupas com luz integrada. Para maiores valores de ampliação em endodontia, o uso do microscópio operacional torna-se inevitável.

1.1.4.3.A câmara intraoral

Existem câmaras baseadas na transmissão de luz e fluorescência laser (QLF® e DIAGNOdent®), auto fluorescência (Soprolife® e VistaCam®). Eles podem ser acoplados com software de processamento de imagem. Podem também ser úteis para a comunicação com o paciente. Contudo, tal como no endoscópio, a sua utilização durante a operação continua a ser complexa porque, por um lado, apenas fornecem uma imagem bidimensional numa tela de controlo e, por outro, precisam de ser segurados por uma mão pelo operador, o que é dificilmente compatível com o trabalho em cadeira.

Finalmente, têm pouco interesse na endodontia, mas têm muitas vantagens na odontologia restaurativa na discriminação entre tecidos dentários saudáveis e deteriorados, identificando danos caritivos numa fase precoce (Simon e al., 2012).

Baseada no princípio da fluorescência, uma câmera LED (Soprolife®) combina ampliação, fluorescência, aquisição de imagem e um conceito terapêutico inovador: "avaliador de fluorescência induzida pela luz para diagnóstico e tratamento" (LIFEDT), que contribui para a implementação de técnicas terapêuticas restauradoras minimamente invasivas ou mesmo não invasivas, graças à detecção e diagnóstico precoce de lesões cáries e uma melhor avaliação da atividade dessas lesões (Tassery e al., 2013).

1.1.4.4. Aplicações clínicas

Desconhece-se se e como o tipo de dispositivo de ampliação afeta o resultado do tratamento, considerando o alto número de fatores que podem ter um impacto significativo no sucesso do procedimento cirúrgico endodôntico (Del Fabbro e al., 2015).

Na maioria dos procedimentos endodônticos, o uso de um auxílio visual (lupas e microscópio) pode oferecer muitas vantagens técnicas e clínicas:

- diagnóstico (detecção de fissuras, linhas de fratura, identificação precoce de danos cariados, infiltração bacteriana sob uma restauração existente...).
- na remoção de tecido infetado (evitando a invasão pulpar ...)
- durante o tratamento endodôntico de grau ortogonal, visualização das entradas do canal radicular e às vezes até visualização intra-raiz, gestão de instrumentos fraturados, perfurações, técnicas de apexogênese/apexificação, revascularização, etc.
- durante tratamento endodôntico retrógrado / cirurgia endodôntica (microscópio obrigatório nos Estados Unidos para sua realização)

Graças à gravação de dados, ajudas visuais como o microscópio operativo quando conectado a um sistema de gravação (câmara ou câmara de vídeo) assim como câmaras intra-orais também podem ser uma vantagem na documentação de um caso clínico e ter um aspeto forense (Simon e al., 2012).

1.1.5. Aparelhos de raio X e computador

As radiografias retroalveolares combinadas com o exame clínico têm sido o padrão no diagnóstico endodôntico e na avaliação pós-operatória da cicatrização de feridas. No

entanto, as radiografias alveolares retro fornecem apenas uma visão bidimensional (2D) das estruturas tridimensionais (3D).

A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) captura um volume de dados em 3D em uma única varredura. Também oferece uma aquisição de imagem não invasiva, mais rápida e fácil. Ao fornecer uma representação 3D dos tecidos maxilofaciais (mais próxima da realidade do que uma visão 2D obtida com radiografias convencionais retroalveolares), a CBCT tem o potencial de melhorar o diagnóstico, o planejamento do tratamento e a avaliação dos resultados do tratamento endodôntico (Patel e al., 2015).

Um exame clínico completo deve ser realizado antes de se considerar um exame radiográfico. O médico também deve conhecer o histórico de imagens do paciente e, se possível, obter radiografias/exames anteriores. Como em qualquer exame radiográfico, a tomografia por feixe cônico utiliza radiação ionizante e, portanto, não é isenta de riscos. Um CBCT deve ser justificada, e os benefícios potenciais devem superar os riscos potenciais devido à exposição à radiação ionizante.

Isto é particularmente relevante para crianças que são mais sensíveis aos efeitos potenciais da radiação ionizante (Theodorakou e al., 2012).

Se for prescrito um procedimento radiográfico, este deve ser realizado com uma dose tão baixa quanto razoavelmente possível enquanto se obtém a informação necessária (princípio ALARA).

Deve ser feito um compromisso entre a dose de radiação e a qualidade de imagem.

Uma seleção considerada do campo de visão, de acordo com a região de interesse, e resolução é necessária para otimizar a informação diagnóstica, reduzindo a dose transmitida ao paciente (Hayashi e al., 2018).

1.1.5.1. Endodontia assistida por computador

O sucesso do tratamento endodôntico é condicionado pelo sucesso dos procedimentos de acesso, moldagem e irrigação (limpeza químico-mecânica); o objetivo é o preenchimento tridimensional da rede de canais radiculares. O médico generalista é por vezes confrontado com situações anatômicas que requerem uma plataforma técnica especializada.

Byun descreveu num relatório de caso em 2015 o uso da impressão em resina 3D de um incisivo maxilar com uma anatomia de canal radicular anômala para produzir uma guia

de resina para a cavidade de acesso (Byun e al., 2015). Neste caso, foi tomada a decisão de imprimir diretamente uma guia de dento-substrato tipo implante para facilitar o desenho das vias de acesso, criando uma cavidade mínima. As cavidades de acesso ninja, são cavidades de acesso muito pequenas, que consistem numa simples trepanação do teto da câmara pulpar virada para o canal a tratar. A resistência à fratura de dentes com cáries de acesso ninja seria maior do que para as cáries de acesso convencional (Gianluca Plotino e al., 2017).



Figura 22 : Uma comparação entre a técnica convencional (coluna da esquerda) e a endodontia guiada (coluna da direita). (A e B) Exemplos de modelos de maxilares superiores após preparação da cavidade de acesso, (C e D) visualização das cavidades de acesso e (E e F) do plano sagital de uma tomografia de CBCT pós-operatória mostrando um incisivo inferior. (adaptado de Connert e al., 2019)

Assim, o uso da endodontia guiada permite uma localização e negociação mais rápida e previsível dos canais radiculares calcificados com uma perda significativamente menor de substâncias (Figura 22) (Connert e al., 2019). No entanto, a técnica ainda necessita de ser melhorada através do desenvolvimento de ferramentas dedicadas, tais como tomadas calibradas ao diâmetro das brocas utilizadas, de modo a poder descansar com os instrumentos rotativos sobre a guia sem o risco de a modificar através do aquecimento da resina (Galibourg e al., 2018).

1.1.5.2.Utilização de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico (CBCT) em endodontia

Desde que a Tomografia por Volume de Feixe Cônico (CBCT) foi aprovada para uso odontológico nos Estados Unidos em 2000, muitas aplicações endodônticas dessa tecnologia têm sido descritas na literatura.

A Sociedade Europeia de Endodontia recomenda que as imagens de CBCT só devem ser consideradas se as informações fornecidas pelos sistemas convencionais de imagem

não fornecerem informações suficientes para permitir o tratamento adequado do problema endodôntico e que as informações adicionais fornecidas pelas imagens 3D reconstruídas facilitariam o diagnóstico e/ou melhorariam o tratamento de um dente com um problema endodôntico, a fim de minimizar a exposição à radiação e, ao mesmo tempo, maximizar as informações de diagnóstico (Durack e al., 2014).

Em casos de dificuldade aumentada ou complicações intra operatórias, como anatomia complexa, calcificações distróficas, reabsorções radiculares, perfurações e fraturas radiculares, é prudente considerar o uso da CBCT com seu valor diagnóstico inerente e exposição limitada à radiação (Ball e al., 2013).

CBCT e localizador de ápice eletrônico

Devido à significativa heterogeneidade entre os estudos incluídos, não foi possível determinar a precisão da CBCT em comparação com o localizador de ápice eletrônico. Com base em evidências limitadas, a CBCT parecia ser tão precisa quanto o localizador de ápice eletrônico. Entretanto, os estudos elegíveis geralmente sugeriam que a CBCT era confiável. Mais pesquisas são necessárias para avaliar conclusivamente a precisão e confiabilidade da CBCT em comparação com o localizador de ápice eletrônico (Amin e al., 2019).

Na endodontia, a necessidade de imagens de alta resolução para determinar estruturas na faixa de 80-150 m pode requerer uma radiação mais elevada.

Para fins endodônticos, o campo de visão deve ser limitado à região de interesse e deve abranger o dente (ou dentes) em exame e suas estruturas circundantes. Esta é uma forma eficaz de reduzir a dose do paciente (Hedeşiu e al., 2012).

A CBCT pode ser útil na fase pré-operatória do tratamento endodôntico na avaliação da anatomia e morfologia do canal radicular do dente a ser tratado (Vizzotto e al., 2013).

A morfologia das raízes pode ser visualizada em três dimensões, assim como o número de canais e se convergem ou divergem entre si; esta informação é importante porque pode melhorar os resultados do tratamento.



Figura 23 : Exemplo do processo de medição. Observação da clara visibilidade de todas as características anatômicas (adaptado de Corbella e al., 2019)

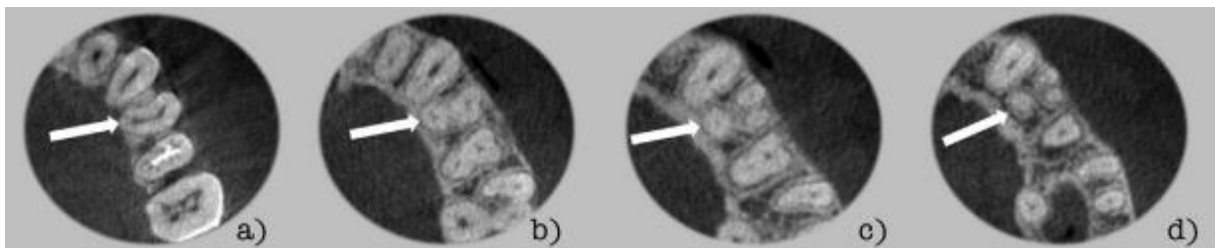


Figura 24 : CBCT no plano axial revelou o tipo VIII de um primeiro pré-molar superior (a seta indica o dente examinado): (a e b) coronal; (c) meio; e (d) terços apicais. (adaptado de Abella e al., 2012)

Assim, é possível visualizar os mais pequenos detalhes anatômicos dos dentes e seus sistemas endodônticos, especialmente graças à realização de reconstruções em 3D utilizando softwares específicos (ResolveRT Amira).

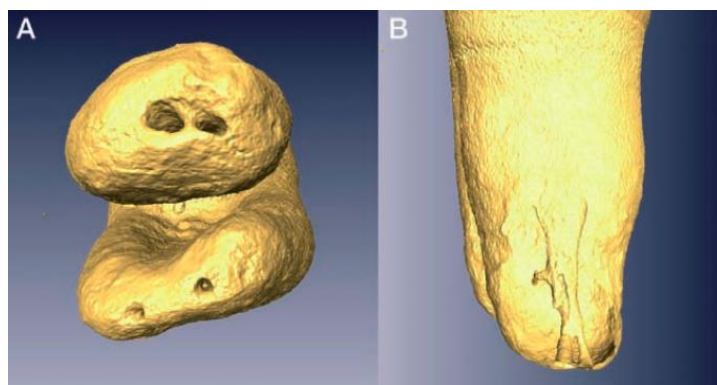


Figura 25 : A) Vista apical dos ápices de um primeiro molar inferior com múltiplos forâmens apicais B) Raiz distal seccionado em vista distal, é possível ver a ramificação em um duplo forame apical e um canal lateral que se abre nesta raiz. (adaptado de Grande e al., 2012)

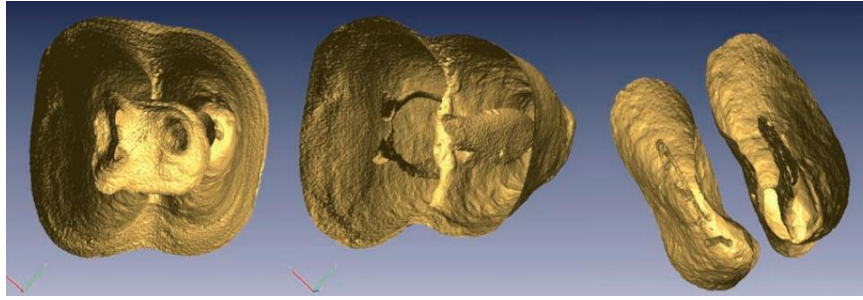


Figura 26 : Molar inferior seccionada em diferentes níveis das raízes para avaliar o número e a posição das entradas dos canais radiculares e forames apicais, curvaturas e trajetórias dos canais, bem como a presença de canais laterais e ramificações (adaptado de Grande e al., 2012)

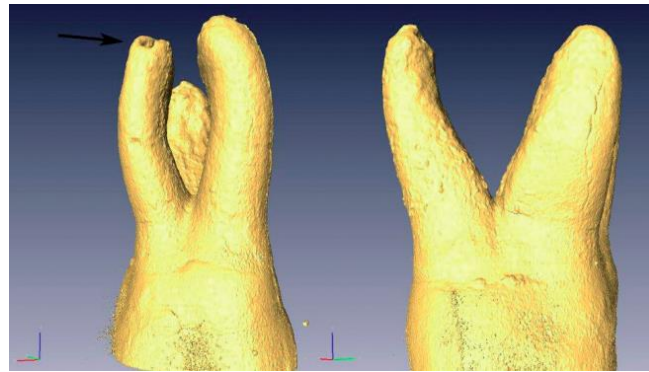


Figura 27 : Vista vestibulo-lingual (esquerda) e mesio-distal (direita) dum primeiro molar superior onde se pode observar reabsorção apical da raiz disto-vestibular, provavelmente devido à existência de uma lesão peri-apical (adaptado de Grande e al., 2012)

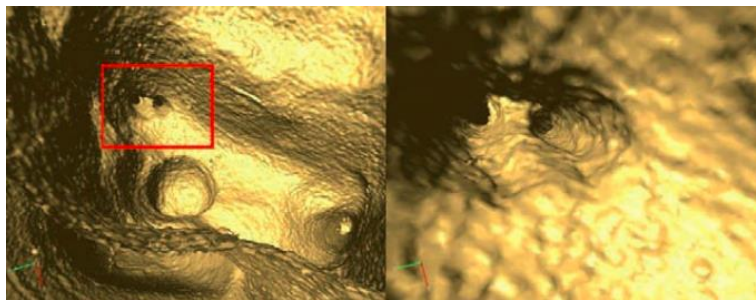


Figura 28 : Visualização particular dos orifícios dos canais radiculares de um primeiro molar superior, os canais radiculares mesio-bucais e MB2 dividem-se profundamente na raiz mesial, o que pode determinar a difícil localização do MB2 (adaptado de Grande e al., 2012)

A CBCT também permite destacar e avaliar anatomias complexas, como dentes com invaginações (covas em dente) e dentes fundidos, dilacerados, com contos de esmalte, canais em forma de C, um número incomum de raízes (Abella e al., 2012).

Recentemente, Venskutonis e al. publicaram uma revisão abrangente da literatura para avaliar o uso da CBCT no diagnóstico, planeamento do tratamento e avaliação dos

resultados e complicações endodônticas (fratura da raiz, perfuração, reabsorção) (Venskutonis e al., 2014).

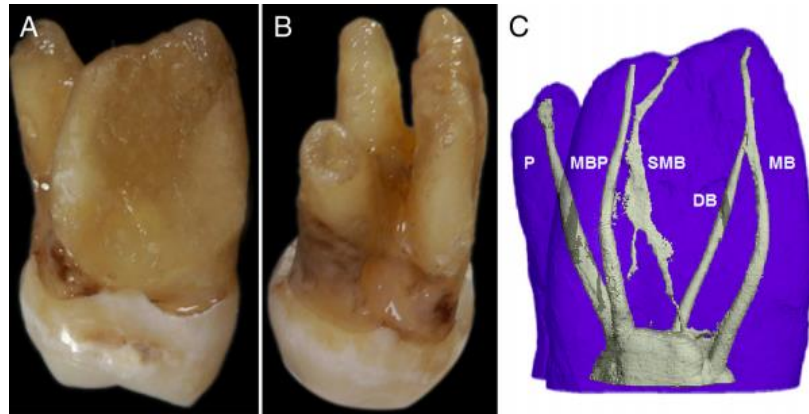


Figura 29 : (A) Uma fotografia mostrando uma ampla dimensão radicular (B) Um palatino vista mostrando as 3 raízes. (C) Uma tomografia micro computadorizada do mesmo dente mostrando a configuração do canal radicular (adaptado de Ahmad & Al-Jadaa, 2014)



Figura 30 : Vista apical dos vértices de um primeiro molar superior (esquerda) no qual estão presentes múltiplos portais de saída nas superfícies das três raízes e particular da anatomia interna da raiz palatina na qual está presente um delta apical (adaptado de Grande et al., 2012)

Os autores concluíram que a CBCT tem o potencial de se tornar a primeira escolha para o planejamento do tratamento endodôntico e avaliação de resultados, particularmente à medida que novos scanners com menores doses de radiação e melhor resolução se tornam disponíveis (Venskutonis e al., 2014). A CBCT pode permitir a detecção precoce de lesões peri-apicais, antes da desmineralização do córtex lingual ou vestibular, o que tem uma vantagem real para a mandíbula devido à espessura do córtex em relação às radiografias convencionais retroalveolares, permitindo um diagnóstico mais precoce e um tratamento mais eficiente das infecções peri-apicais. O tamanho real, localização e extensão da lesão peri-apical também podem ser avaliados, enquanto a identificação da

raiz com a qual a lesão está associada pode ser confirmada (Abella e al., 2012; Leonardi Dutra e al., 2016; Weissman e al., 2015; Yi e al., 2017).

Os benefícios do uso da CBCT durante a cirurgia endodôntica incluem a eliminação da sobreposição de estruturas anatômicas, o seio maxilar e outras raízes, e a detecção precoce da presença e dimensões de lesões apicais e alterações na densidade óssea apical.

O uso de imagens de CBCT pode ser indicado para casos selecionados no planejamento da cirurgia periapical, mas a decisão deve ser baseada em vários fatores, como proximidade dos ápices radiculares, suspeita de falta de canal radicular ou avaliação do defeito ósseo, como podemos ver no próximo caso :

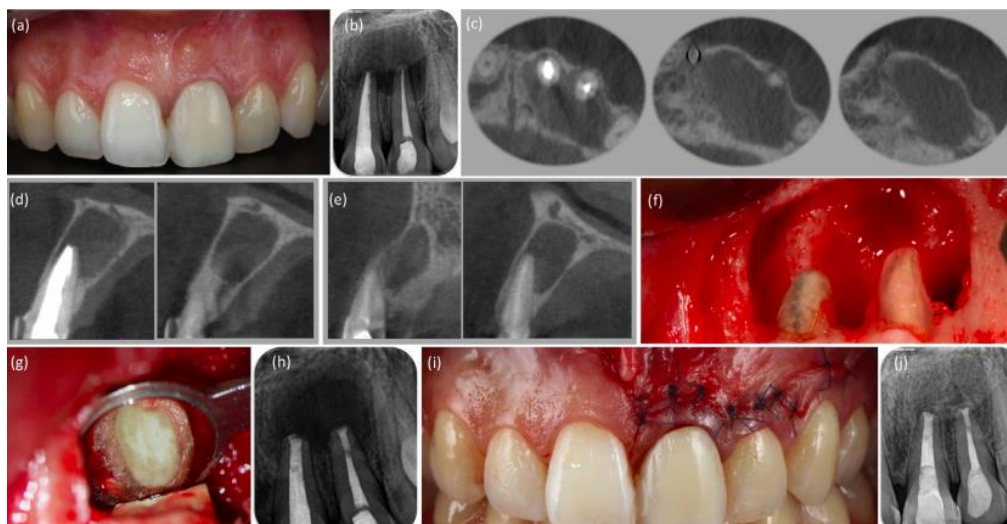


Figura 31 : a) Imagem clínica do incisivo central e lateral superior esquerdo submetido a cirurgia endodôntica. (b) Radiografia periapical mostrando uma lesão apical nos dentes 21 e 22. (c, d, e) Uma tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) foi realizada antes da cirurgia endodôntica. (c) As imagens sagitais e axiais confirmaram uma lesão apical circunscrita. Note-se que a lesão apical não afetou nem as placas corticais vestibulares nem as palatinas. (f) Um retalho submarginal (Ochsenbein-Luebke) foi levantado para obter acesso e tratar a lesão apical. Tamanho final da osteotomia. (g) Agregado mineral trióxido (White ProRoot MTA, Dentsply Maillefer) - extremidade da raiz - ápice preenchido. (h) Radiografia pós-operatória imediata. Não foram necessárias técnicas de regeneração óssea. (i) O retalho foi posicionado e suturado firmemente com suturas monofilamentares 5 0. (j) Radiografia de seguimento de dois anos mostrando cicatrização quase completa. (adaptado de Abella e al., 2012)

A CBCT é particularmente recomendada para o diagnóstico e planejamento do tratamento antes da cirurgia endodôntica (Tsurumachi & Honda, 2007). A avaliação pré-operatória da CBCT demonstrou recentemente ter um efeito benéfico no resultado do tratamento cirúrgico das lesões periapicais (Kurt e al., 2014).

A CBCT não deve ser usada para avaliação de rotina após o tratamento do canal radicular. Entretanto, com a aprovação ética, o uso de varreduras CBCT de baixo FOV (campo de visão) seria justificado em estudos de pesquisa clínica, por exemplo, para avaliar novos protocolos de tratamento, técnicas de desinfecção, fornecendo assim uma impressão mais objetiva do resultado do tratamento.

Uma das novas características da CBCT, atualmente em desenvolvimento na endodontia, é a capacidade de realizar o planeamento endodôntico por analogia com o planeamento de implantes que é comumente usado hoje em dia (Kernen e al., 2016).

1.1.5.3.Limites no uso do CBCT

A literatura recente tem mostrado que a visibilidade das estruturas anatômicas, incluindo o espaço endodôntico, depende do tipo de máquina de CBCT e parâmetros de digitalização, como campo de visão (FOV), número de projeções e resolução (Hassan e al., 2012).

Um grande problema que afeta a qualidade da imagem e, portanto, a precisão diagnóstica das imagens de CBCT é a dispersão e endurecimento do feixe causado pelas estruturas e materiais vizinhos de alta densidade (coroas, pontes, implantes, materiais de preenchimento do canal radicular e postes intracanales). Dependendo do caso, pode, portanto, por vezes ser aconselhável remover as estruturas metálicas antes da realização de um exame de CBCT (Soğur e al., 2007; Vizzotto e al., 2013).

O tempo de varredura pode ser de 20 s, sendo, portanto, significativamente maior em comparação à radiografia intraoral (<0,3 s). Como resultado, mesmo o menor movimento de um paciente durante a análise pode alterar as imagens reconstruídas e ter um impacto sobre o diagnóstico. Portanto, este pode ser um problema com crianças, doentes idosos e pessoas com doenças neurológicas, como a doença de Parkinson.

Os praticantes que utilizam exames de CBCT devem ter treinamento adequado e contínuo em radiologia de CBCT, bem como na interpretação das imagens obtidas, pois a modalidade é completamente diferente da radiografia convencional (Brown e al., 2014).

É necessária mais investigação em várias áreas, incluindo :

- avaliar o impacto da redução dos parâmetros de exposição no desempenho do diagnóstico;

- como informações diagnósticas adicionais da CBCT afetam a tomada de decisões clínicas e resultados específicos do tratamento endodôntico (por exemplo, gerenciamento de traumas dentários e reabsorções radiculares) também;

- A análise comparativa de diferentes tomografias CBCT com FOVs baixos para o diagnóstico de vários problemas endodônticos.

Pesquisas futuras sobre CBCT devem ter como objetivo avaliar fatores prognósticos que influenciam o resultado do tratamento de canal radicular (Abella e al., 2015; Cohenca & Shemesh, 2015; Patel e al., 2015).

1.2.Requisitos biológicos

1.2.1. Modelagem necessária para irrigação

A desinfecção químico-mecânica eficaz e ótima do sistema radicular é crucial para o sucesso do tratamento endodôntico (Mp e al., 2006) e pode apresentar desafios clínicos e microbiológicos:

- limitações físicas da irrigação em um sistema fechado (Tay e al., 2010)
- as variações anatômicas e complexidades dos canais curvos em particular (de Pablo e al., 2010)
- a agregação de bactérias que formam um biofilme bacteriano nas paredes dentinárias (Nair e al., 2005).

Embora a instrumentação mecânica seja um passo importante na moldagem dos canais para permitir a limpeza e desinfecção (Ricucci & Siqueira, 2010), produz resíduos orgânicos e minerais que formam um lodo dentinário que permanece preso nas complexidades anatômicas, extensões ovais e istmo (Paqué e al., 2011), criando um reservatório para bactérias e fungos difíceis de remover pela irrigação.

A eficácia da limpeza do canal radicular foi estudada por microscopia eletrônica de varredura. Todos estes estudos indicam que dois terços do canal coronário podem ser limpos de forma reproduzível. No entanto, a situação é diferente no terço apical do canal. Quase todos os estudos baseados no microscópio eletrônico de varrimento indicam que a área sem saída da parte apical do canal é muito difícil de limpar eficazmente (Zehnder, 2006).

Vários fatores influenciam a dinâmica da irrigação no sistema endodôntico:

- As propriedades químicas, reológicas e antibacterianas dos irrigantes (Gulabivala et al., 2010)

- O perfil do fluxo do irrigante no espaço endodôntico e a interação resultante com as paredes do canal
- O grau de moldagem do canal (diâmetro apical e conicidade da preparação) (Khademi e al., 2006)
- A presença de uma coluna de ar "efeito vapor lock" durante a irrigação por agulha de seringa limita as trocas apicais do irrigante e não permite a irrigação efetiva a mais de 2 mm da ponta da agulha, levando à recomendação de trazer a agulha de irrigação a 1 mm do foramen apical (Boutsioukis & Sluis, 2015) o que requer um aumento na formação do canal e aumenta o risco de extrusão apical da solução de irrigação.

Estudos têm demonstrado que o volume de irrigante desempenha um papel importante no processo de desinfecção, mais do que o sistema de irrigação ou o tipo de ativação utilizado (Howard e al., 2011).

No entanto, as dimensões (conicidade e diâmetro) do canal continuam a ser um fator limitativo comum às diferentes técnicas de irrigação durante o processo de instrumentação, quer sejam ou não acompanhadas por um dispositivo de ativação da solução. O hipoclorito de sódio totalmente ativo só pode alcançar a parte apical do canal quando o canal estiver suficientemente aumentado para inserir a micro-cânula no comprimento de trabalho. Estas observações levaram alguns autores a recomendar o aumento da conicidade da moldagem e preparação apical através da preparação excessiva da região apical para remover a dentina infetada e melhorar a eficiência da irrigação através do aumento do volume de irrigante no terço apical (Gianluca Plotino, Grande, e al., 2014).

Romania e al. mostraram a mesma eficácia na desinfecção e antissepsia para uma moldagem de 4% em comparação com uma moldagem de 6% de conicidade (Romania e al., 2009).

Não é necessário preparar em excesso, com o risco de ser iatrogénico, a região apical dos canais quando a conicidade coronal adequada tiver sido obtida, a fim de permitir a irrigação satisfatória de todo o sistema endodôntico. Uma preparação até um diâmetro apical de 20 pode ser suficiente. Outros autores chegaram às mesmas conclusões (Bronnec e al., 2010; Caron e al., 2010).

De acordo com Brunson e al. um alargamento apical para ISO No. 40 com um cone de 0,04 seria o compromisso ideal para alcançar a preservação da estrutura dentária e o

máximo volume de irrigação ao terço apical quando se utiliza um sistema de irrigação por pressão negativa (Brunson e al., 2010).

1.2.2. Sistema de irrigação e escolha do irrigador

Na irrigação por seringa de agulha, a irrigação é aplicada intermitentemente, apenas quando o instrumento é removido do canal. Deve-se lembrar que o hipoclorito de sódio é gradualmente inativado, pois atua para dissolver o tecido pulpar ou biofilme bacteriano.

Assim, durante os procedimentos endodônticos tradicionais com irrigação intermitente, o tempo total quando o hipoclorito de sódio está totalmente ativo é limitado.

Portanto, simplesmente inundar o canal com hipoclorito de sódio durante o procedimento pode ser ineficaz; a renovação frequente do irrigante manterá a atividade desejada (Haapasalo e al., 2014).

De acordo com estudos recentes sobre modelagem da dinâmica dos fluidos computacional, o tipo e tamanho das agulhas são cruciais para a distribuição apical das soluções de irrigação (Shen e al., 2010).

Agulhas de 30 G (0,30 mm) (NiTi Flex-Tips, vista Dental; Flexi-Glide, vista Dental) com ponta aberta (pontas da Marinha, Ultradent) podem ser inseridas e eliminar o problema da coluna de ar, proporcionando espaço de refluxo lateral para renovação da solução, desde que tenha sido estabelecida conicidade suficiente (Dhaimy e al., 2016).

Num estudo de Butcher, a análise estatística revelou a remoção comparável da camada de esfregaço nos terços coronal e médio de todas as amostras experimentais, independentemente do agrupamento. Ao usar um tamanho de lima maior que 35, a remoção da camada de esfregaço no terço apical melhorou significativamente. Nenhuma diferença significativa foi observada entre 40/.04 e 45/.04 (Butcher e al., 2019).

A fim de superar as deficiências da irrigação por seringa-agulha, foram desenvolvidos dispositivos inovadores de irrigação focados na ativação da solução de irrigação. A ativação da solução pode ser manual (usando um cone mestre), mecânica sónica (EndoActivator Dentsply, Eddy WDW), pulsada (RinsEndo, Dürer Dental AG), intermitente ultrasónica (Irrisafe, Acteon), contínua (Piezoflow, Dentsply) ou activada a laser (Er Yag, PIPS).

Estes dispositivos têm sido objeto de inúmeros estudos na literatura endodôntica nos últimos anos. Eles têm mostrado uma melhora substancial na desinfecção do canal radicular (otimização da renovação da solução de irrigação, desintegração e evacuação de detritos e biofilme bacteriano, propulsão da solução de irrigação em áreas não-instrumentais) (Caron e al., 2010; de Gregorio e al., 2009) principalmente melhorando a irrigação a nível apical tanto em canais retos (Jiang e al., 2012; Mancini et al., 2013) como em canais curvos em comparação com a irrigação apenas com seringa (Blank-Gonçalves e al., 2011; Munoz & Camacho-Cuadra, 2012).

No entanto, é difícil tirar conclusões destes estudos porque os modelos utilizados são diferentes (canais plásticos ou dentes extraídos), assim como os métodos de estudo, a conicidade das preparações, os diâmetros apicais, o volume de solução utilizado e a duração da ação.

A ativação sônica difere da ativação ultra-sônica porque funciona a uma frequência inferior (1-6 kHz/25-40 kHz), e por esta razão é geralmente considerada menos eficaz na remoção de detritos do que os sistemas ultra-sônicos (Paragliola e al., 2010).

A eficácia da ultra-sonografia na irrigação é determinada pela sua capacidade de produzir "cavitação" e "agitação". A cavitação é minimizada e limitada à ponta do instrumento utilizado, enquanto que o efeito da agitação é maior.

Contudo, a ativação ultra-sônica tem limitações importantes nos canais curvos onde o contato da lima com as paredes reduz sua eficácia (Kato e al., 2016; Mancini e al., 2013), cria lodo dentinário indesejável e apresenta um risco maior de fratura que limita severamente seu uso.

Os bons resultados obtidos com a ativação ultra-sônica combinada com a irrigação com hipoclorito de sódio poderiam ser devidos ao aumento da temperatura da solução devido à ação ultra-sônica (Al-Jadaa e al., 2009).

A ativação ultra-sônica de uma solução de NaOCl durante 30 segundos a 1 minuto para cada canal com 3 ciclos de 10-20 segundos (de renovação constante da irrigação) pode ser tempo suficiente para obter canais limpos no final da preparação (Gianluca Plotino e al., 2007).

Estas técnicas de ativação de soluções de irrigação melhorariam a qualidade e a estanquicidade do enchimento do canal radicular e permitiriam uma remoção mais eficiente do hidróxido de cálcio e dos materiais de enchimento intracanal (Grischke e al., 2014).

Os dispositivos de irrigação por pressão negativa, como o EndoVac (SybronEndo), não são sistemas de ativação, mas uma forma segura e previsível de entregar a solução nos últimos milímetros apicais (Mitchell e al., 2011). Eles usam pressão negativa para atrair o irrigante para a parte apical do canal (Nielsen & Craig Baumgartner, 2007).

Mostraram resultados promissores na desinfecção e remoção de detritos e lodos dentinários, particularmente no terço apical do canal radicular, o que permite um melhor enchimento dos canais laterais e acessórios (Kanter e al., 2011).

Estes resultados são obtidos com canais retos e curvos (Munoz & Camacho-Cuadra, 2012).

No entanto, para serem realmente eficazes, requerem uma preparação mínima de 40 / 0,04 ou 40 / 0,06 (Brunson e al., 2010; de Gregorio e al., 2009).

EndoVac também proporciona a remoção eficaz do canal radicular do hidróxido de cálcio.

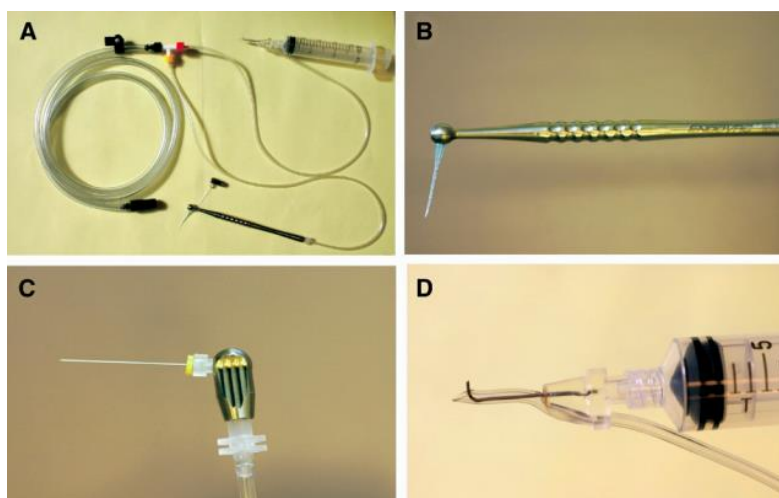


Figura 32 : (A) O sistema EndoVac completo, incluindo todas as tubagens e acessórios de vácuo. (B) A macrocânula presa ao seu cabo, usada para descarga da porção coronal do canal. (C) A microcânula presa ao seu cabo. Esta substitui a macrocânula e o seu cabo e é utilizada para irrigação na porção apical do canal até ao comprimento de trabalho. (D) A ponta de entrega/evacuação fixada a uma seringa. (adaptado de Nielsen & Craig Baumgartner, 2007)

Existem também outros sistemas de irrigação, como o sistema de irrigação acoplado à EndoStation (Redent e Actéon), desinfecção por ativação a laser, foto-ativação, ozônio, nanopartículas ... (Gianluca Plotino e al., 2016)

O futuro provavelmente está no uso de lasers, especialmente PIPS (TwinLight, Fotona): a interação da luz no comprimento de onda Er-YAG com hipoclorito de sódio cria vaporização dentro do líquido; estas bolhas, quando em colapso, geram ondas de

choque acústico no sistema endodôntico. A última alternativa é a GentleWave (Sonendo) que, a partir da câmara pulpar, gera e propaga um amplo espectro de ondas acústicas causando cavitação multi-sônica no endodôncio. Um estudo recente, mas não independente, mostra uma alta taxa de sucesso a um ano após o uso da GentleWave (Sigurdsson e al., 2016). No entanto, a este estudo falta um grupo de controle, irrigado com meios convencionais, para realmente afirmar a superioridade do método. Atualmente, o custo proibitivo destes dois sistemas é uma barreira ao uso clínico generalizado.

Além disso, a literatura disponível sobre terapia fotodinâmica tem mostrado um efeito positivo na redução da carga bacteriana. A terapia fotodinâmica é uma abordagem minimamente invasiva que tem demonstrado ser um adjunto ao tratamento convencional do canal radicular na eliminação de microrganismos que permanecem viáveis no sistema de canais radiculares (G. Plotino e al., 2019). No entanto, ainda é muito cedo para concluir que houve um verdadeiro avanço na desinfecção dos canais radiculares, uma vez que poucos estudos clínicos foram conduzidos sobre o assunto. No entanto, a sua utilização como coadjuvante na desinfecção dos canais radiculares pode ser interessante, especialmente na presença de bactérias multi-resistentes (Ghinzelli e al., 2014; Ng e al., 2011; Tennert e al., 2015).

1.3.Requisitos mecânicos

Um dente tratado endodonticamente deve ser capaz de permanecer na arcada por vários anos após o tratamento e esta preservação requer a conservação das estruturas dentárias e a integridade da dentina radicular.

Portanto, os instrumentos utilizados devem respeitar a anatomia inicial do canal radicular com a manutenção da trajetória do canal radicular, a forma e a posição dos forâmens apicais e devem ser mais conservadores das estruturas dentinárias.

Alguns instrumentos rotatórios NiTi PathFile 1, 2 e 3 (Dentsply Maillefer) ou a utilização do Glide (Dentsply Maillefer) podem levar a estes objetivos.

1.3.1. A instrumentação endodôntica

1.3.1.1.A instrumentação manual de aço inoxidável

Inclui limas Hedström (limas H) e limas K.

A preparação manual utilizando instrumentos de aço é tediosa, demorada, altamente dependente do operador e com resultados que muitas vezes não correspondem ao esforço envolvido (Simon e al., 2012).

1.3.1.2.A instrumentação rotatoria de níquel-titânio

Os instrumentos rotatórios de níquel titânio (NiTi) foram introduzidos na prática clínica em 1993. Eles foram um grande ponto de viragem e representam uma verdadeira mudança de paradigma na endodontia.

Os instrumentos de níquel-titânio (NiTi) têm a vantagem sobre os instrumentos de aço inoxidável de melhor conseguir as curvaturas do canal devido às suas propriedades pseudo-elásticas (elasticidade e memória de forma) que dão a estas ligas uma maior flexibilidade.

Os instrumentos rotatórios NiTi reduzem assim os erros processuais e o tempo necessário para realizar o tratamento endodôntico (Kuhn e al., 2001; Parashos & Messer, 2006).

Recentemente, um novo movimento de reciprocidade e novos processos de fabricação metalúrgica levaram à criação de sistemas de "formação de um único instrumento", como o Wave One (Dentsply Maillefer) e Reciproc (Dentsply VDW) (De-Deus e al., 2017).

Um novo tratamento térmico destas ligas levou ao desenvolvimento de instrumentos como o WaveOne Gold e o Protaper Gold.

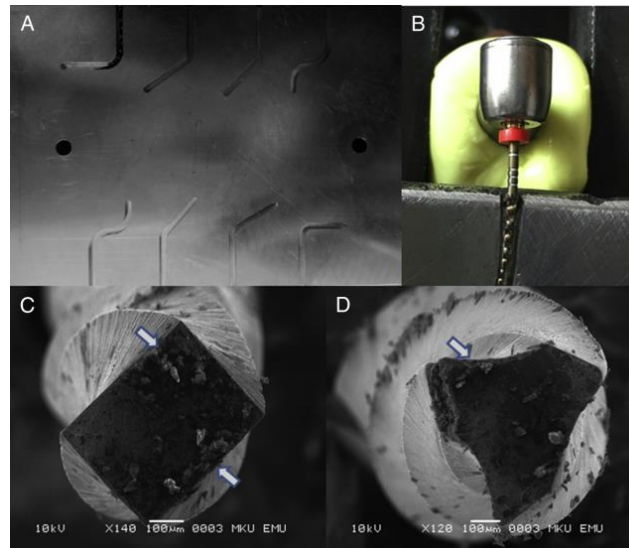


Figura 33 : (A) Uma imagem fotográfica do bloco metálico do canal. (B) Imagem fotográfica dum dispositivo utilizado para o teste de fadiga. (C) Uma imagem microscópica eletrônica de varredura representativa dos instrumentos WOG fraturados. As setas indicam a origem da fenda. A presença de estrias de fadiga e o A ausência de abrasão circular mostra a falha na fadiga flexural. (D) Uma imagem eletrônica de varredura microscópica representativa de instrumentos WaveOne fraturados. As setas indicam a origem da fratura. A presença de estrias de fadiga e a ausência de abrasão circular mostram a flexão falha por fadiga. (adaptado de Adigüzel & Çapar, 2017)

Em comparação com o clássico WaveOne, o WaveOne Gold é :

- Mais flexível
- Mais resistente à fadiga cíclica e à torção
- A secção do instrumento foi modificada. Enquanto o clássico WaveOne tem uma secção triangular côncava na ponta e uma secção triangular convexa ao nível coronal, o WaveOne GOLD tem uma secção em forma de paralelogramo (Figura 33). Esta secção permite o contacto alternativo dos ângulos de corte do instrumento com as paredes do canal radicular, reduzindo a tensão sobre o instrumento e a dentina e permitindo mais espaço para a remoção de detritos durante o corte (Adigüzel & Çapar, 2017).

Estes instrumentos permitem uma melhor preservação da anatomia inicial do canal radicular, respeitando a trajetória das curvaturas do canal radicular e a forma e posição do foramen apical, resultando num menor transporte externo e interno e, portanto, menor risco de perfuração.

Eles também têm uma maior resistência à fadiga cíclica, que é a principal causa de fratura instrumental em um canal, em comparação com os instrumentos rotatórios convencionais.

A liga tem maior influência nas propriedades e desempenho dos instrumentos endodônticos do que o movimento da instrumentação (rotação recíproca ou contínua).

Os atuais sistemas de instrumentação rotatória são ferramentas eficazes. Contudo, muitas vezes resultam na remoção excessiva da dentina, o que pode comprometer a sobrevivência a longo prazo do dente, criando um enfraquecimento radicular na tentativa de incluir o máximo possível da parede do canal radicular dentro de um preparo redondo que não corresponda à configuração do canal radicular do canal tratado (particularmente no caso de canais ovais). Isto é tanto mais importante quanto o diâmetro do instrumento utilizado aumenta (Alcalde e al., 2018; Gianluca Plotino, Giansiracusa Rubini, e al., 2014).

Embora o alargamento maciço do canal pudesse anteriormente ser uma indicação de boa instrumentação do canal, isso é considerado negativo hoje em dia.

As desvantagens de preparações maiores incluem mudanças indesejáveis na curvatura inicial do canal (transporte do canal externo e interno) e no tamanho e posição do foramen, enfraquecimento das raízes e complicações processuais, tal como perfuração (C. G. Adorno e al., 2010).

Todos os sistemas de instrumentação NiTi cónicos testados criam micro fissuras numa percentagem significativa das raízes tratadas, variando de 18 a 60% das raízes.

Este fenómeno foi primeiramente reconhecido por Shemesh e seus colaboradores e depois estudado por vários grupos de pesquisa (Shemesh e al., 2009, 2010).

Kim e al. recentemente explicaram a base biomecânica do fenómeno da formação da microfissura (H.-C. Kim e al., 2010).

Eles usaram modelos de análise de elementos finitos para explorar o estresse que é criado na dentina raiz quando instrumentos rotatórios como o ProTaper foram usados em canais. Seus resultados indicam que a magnitude da tensão Von Mises criada na superfície externa da dentina radicular pode atingir valores tão altos quanto 386 MPa para ProTaper F3 e 311 MPa para o ProFile 30/0.06.

A resistência à tração da dentina é de 106 MPa, o que significa que esses instrumentos criam uma tensão 3 vezes maior do que a resistência à tração da dentina. Os instrumentos mais finos, ProTaper F1 e ProFile 20/0,06 criam valores de tensão mais baixos de 98 MPa e 88 MPa, respetivamente.

Assim, parece que o potencial de criação de microfissuras aumenta com o maior diâmetro e os instrumentos rotativos cónicos (H.-C. Kim e al., 2010).

Segundo Liu e colegas, a instrumentação rotatória de NiTi poderia causar rachaduras na superfície da parte apical da raiz.

Ele defende, portanto, uma instrumentação mais curta do forame apical para reduzir o risco de defeitos dentinários (Liu e al., 2013).

A mesma recomendação feita por Adorno e al, trabalhando 0,5 a 1 mm a menos no foramen causaria menos fissuras no nível apical. Além disso, foram observadas mais fissuras ao utilizar instrumentos maiores como nos podemos ver na figura seguinte : (Carlos G. Adorno e al., 2011)

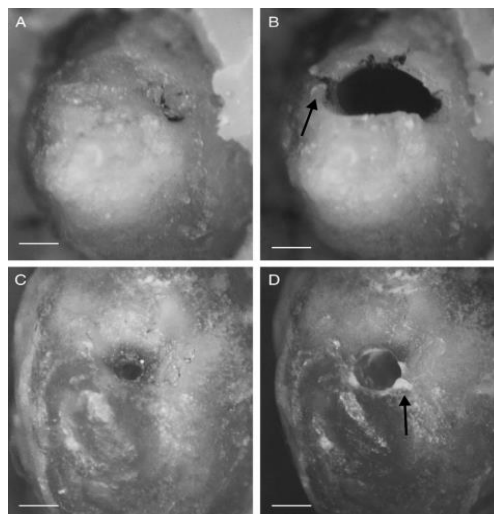


Figura 34 : Imagens representativas dos dentes afetados por rachaduras apicais. Imagens obtidas na linha de base (A) e após instrumentação com #35.04 (B) atingindo CL + 1 mm com o EndoWave. Note que o forame apical em (A) é ligeiramente desviado do vértice. O forame apical visivelmente maior pode ter resultado disso, além da instrumentação 1 mm para além do forame apical. A fenda é indicada pela seta preta. A imagem de base (C) e a imagem tirada após a instrumentação com arquivo #30.06 (D) trabalhando no CL com K3 são mostrados. O forame apical está ligeiramente aumentado, e uma fenda está presente, indicada pela seta. (adaptado de Adorno et al., 2011)

As microfissuras são um fator predisponente para a formação de fraturas radiculares que são uma das complicações clínicas mais graves que podem ocorrer durante ou após o tratamento endodôntico e levar à extração (Sim e al., 2016).

1.3.1.3. Influência da técnica de obturação

A obturação do canal radicular é o último passo no tratamento endodôntico. Deve assegurar a durabilidade da limpeza e moldagem do sistema de canais radiculares. Atualmente, várias técnicas são propostas, todas usando gutta-percha combinada com cimento endodôntico. A introdução da rotação contínua na endodontia para moldar os canais levou ao aparecimento de novas técnicas de obturação adaptadas às formas obtidas.

É uma questão de adaptar o preenchimento à forma mínima e não o contrário, a fim de preservar o máximo possível as estruturas dentárias e dentinárias.

A compactação lateral da gutta-percha usando Fingers Spreader parece aumentar o risco de fratura vertical da raiz (Wilcox e al., 1997).

As técnicas de obturação usando compactação de gutta quente parecem ser mais eficientes do que as técnicas de obturação de gutta-percha fria (Emmanuel e al., 2013).

As técnicas de gutta quente são as únicas que permitem a selagem completa e tridimensional da rede de canais.

As técnicas que utilizam um cone termoplástico de gutta ou condensação contínua fecharam os canais laterais na sua porção apical muito melhor do que as outras técnicas como condensação lateral quando fria ou condensação lateral quando quente (compactação por calor).

Essa desvantagem foi parcialmente resolvida com o uso de sistemas de obturação a quente, como Thermafil (Dentsply-Maillefer), ProTaper Obturator e WaveOne Obturator, Soft Core, HeroFill... A obturação por gutta-percha utilizando o sistema Thermafil proporciona uma obturação mais densa, que se adapta melhor a todas as paredes do canal e também permite a obturação dos canais laterais.

Contudo, com o uso de cimentos biocerâmicos, que parecem mostrar bons resultados, há uma tendência para retornar a uma técnica de obturação passiva com um único cone que é selado, mas permite uma obturação apertada e tridimensional de todo o sistema endodôntico (Montero, 2018).

2. Aplicação do conceito de endodontia mínima em função da situação clínica

Durante o tratamento do paciente, o médico precisa de considerar muitos fatores que irão afetar o resultado final. Em termos simples, estes fatores podem ser agrupados em 3 categorias: as necessidades do operador, as necessidades de restauração e as necessidades dos dentes. As necessidades do operador são as condições de que o clínico necessita para tratar o dente. As necessidades de restauração são as dimensões de preparação e as condições do dente para uma resistência e longevidade ótimas. As necessidades do dente são as limitações biológicas e estruturais para que um dente tratado se mantenha previsivelmente funcional (Clark & Khademi, 2010).

2.1.O dente estruturalmente intacto ou apenas ligeiramente deteriorado

Esta situação clínica parece ser o caso mais favorável para a aplicação dos princípios de uma endodontia mínima observada anteriormente.

2.1.1. Endodontia mínima por razões protéticas

Embora os implantes dentários e o advento da colagem adesiva tenham tornado esta situação cada vez menos comum, pode por vezes ser necessário realizar um tratamento endodôntico de um dente quando este vai ser um dos pilares de uma reconstrução protética maior e é posicionado numa versão em arco ou tem uma grande câmara de polpa. O tratamento endodôntico pode então ser indicado para evitar necrose futura ou sensibilidade pós-operatória. É apropriado fornecer planos de cavas e ilustrações transversais atualizados para o acesso inicial aos molares maxilares e mandibulares. Esta tabela apresenta os 6 tipos de cavidades molares de superfície e acesso à câmara :

Tabela 1 : Os 6 tipos de cavidades molares de superfície e acesso à câmara (adaptado de Clark & Khademi, 2010)

Tipo de caso restaurativo	Ângulo de Cavosurface (Para mesa oclusal)
Molar não mutilado para receber onlay indirecto colado ou onlay composto	1 mm de achatamento anatômico (2 mm de achatamento da ponta da cúspide); depois 45° ângulo de penetração até atingir o mapa dentinário (Figura 35)
Molar não mutilado para receber a coroa completa	1,5 mm de achatamento anatômico (2,5 mm de achatamento da ponta da cúspide); depois 45° ângulo de penetração até alcançar o mapa dentinário
Molar mutilado para receber a coroa completa	2-3 mm de achatamento
Coroa de ouro a ser retida	80° ângulo de penetração até alcançar o mapa dentinário
Porcelana fundida a coroa metálica a reter	45° ângulo de penetração através da coroa até alcançar o mapa dentinário
Coroa de porcelana à base de zircônio a ser mantida	70-90° ângulo de penetração até alcançar o mapa dentinário

Uma extensão ou modificação de acesso que é frequentemente necessária é o entalhe da parede mesial na área do MB2. Este requisito deve-se ao padrão de calcificação que frequentemente coloca o ângulo de entrada do MB2 num ângulo distal insustentável.

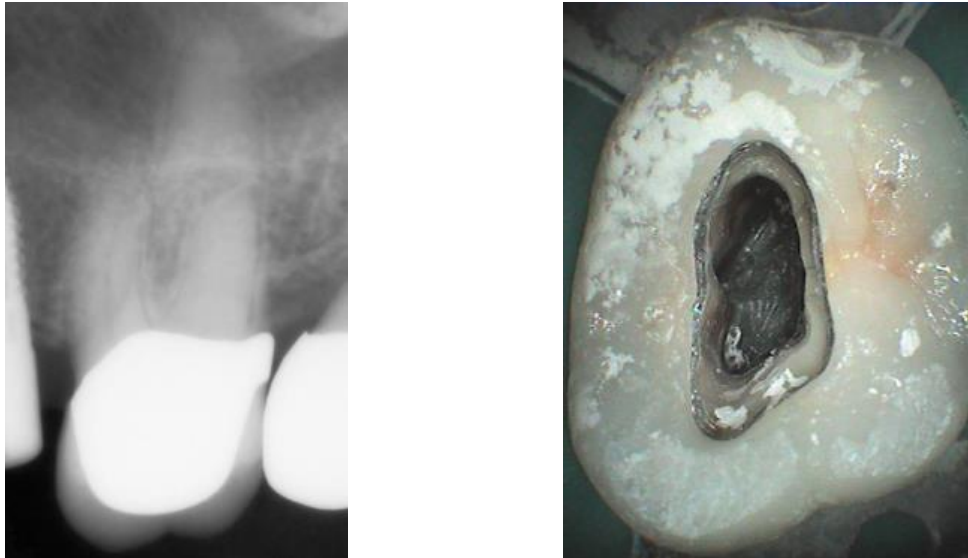


Figura 35 : (a,b) Estado pré-operatório (a) e fotografia do acesso inicial com ligeira canelura (b) adaptado de (Clark & Khademi, 2010)

Este caso (Figura 35 a) mostra um acesso preliminar com uma pequena quantidade de caneluras (Figura 35 b). Um grande plano mostra a canelura acabada na caixa preparada, e as dimensões gerais do acesso através da porcelana fundida ao metal (PFM) (coroa) e à dentina (Figura 36 a,b).

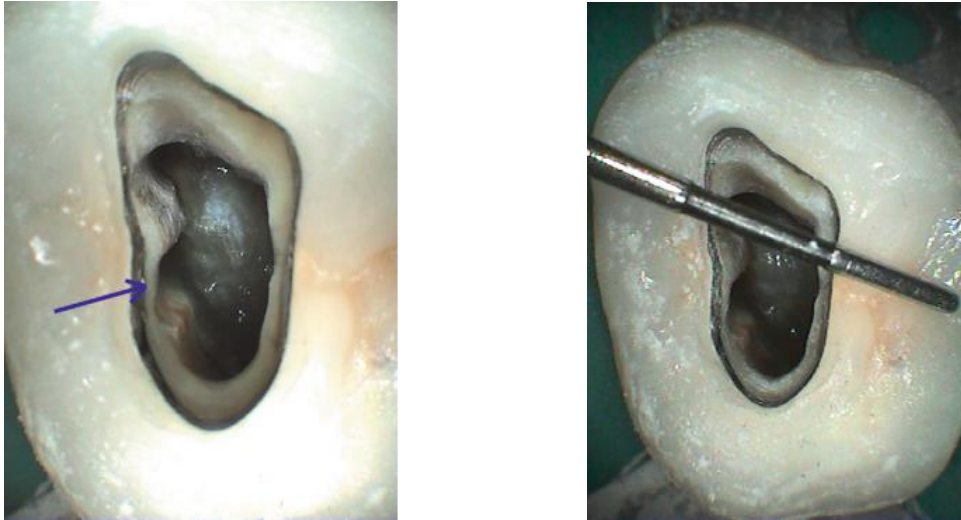


Figura 36 (a,b) : Grande plano da canelura (seta) (a) e imagem do acesso com sonda (b) adaptado de (Clark & Khademi, 2010)

Neste caso com um MB/MB2 aparentemente confluyente, foram introduzidos limas pré-curvadas com intenção sobre o aspeto palatino do MB2, que frequentemente contém uma fenda profunda. A radiografia mostra as 2 limas maiores, 1 no orifício MB e 1 no orifício MB2 juntando-se, e uma lima mais pequena, também no MB2 orifício que se ramifica profundamente para um portal de saída separado (Figura 37 a). O caso completo é mostrado na Figura 37 b (Clark & Khademi, 2010).

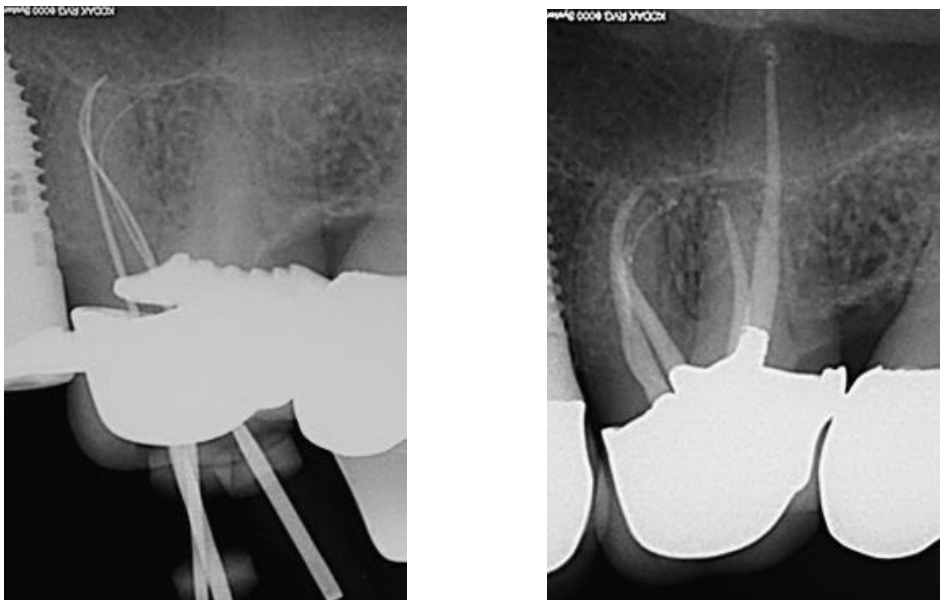


Figura 37 (a,b) : Radiografia de trabalho (a) e radiografia final (b) adaptado de (Clark & Khademi, 2010)

No caso de uma câmara de polpa excessivamente grande, uma técnica que preserva a vitalidade pulpar poderia ser considerada ao realizar uma pulpotomia sob um dique com a inserção de um Biodentine, de um MTA ou de um material biocerâmico e, em seguida, realizar a preparação coronoperiférica pelo menos após um período de atraso e monitorização da vitalidade pulpar.

Se o tratamento endodôntico não puder ser evitado, a moldagem será feita com um mínimo de 4% de conicidade sem modificação do diâmetro do forame apical inicial. A solução de irrigação utilizada pode ser um hipoclorito de sódio a 1% ou uma solução de clorexidina a 2% sem utilizar EDTA ou com preferência pelo ácido cítrico (10 %) ou ácido etidróico durante a irrigação final, pois o objetivo aqui é remover o tecido pulpar para evitar a necrose mas se as etapas de tratamento forem efetuadas sob dique, não há normalmente contaminação bacteriana que possa infectar a polpa e a dentina radicular.

Não há então necessidade de uma preparação extensiva que seria desnecessária. Existe, portanto, apenas uma quantidade insignificante de lodo dentinário neste momento (Machado e al., 2018).

2.1.2. O dente levemente dilapidado com envolvimento cariado e um síndrome de pulpíte reversível

A remoção cariada é realizada com o máximo cuidado e a pulpotomia parcial ou total, dependendo da condição e dos danos pulpares e da capacidade de alcançar uma hemostasia pulpar. A desinfecção é então realizada utilizando uma bola de algodão impregnada com clorexidina.

O controlo da hemostasia é então procurado ao nível da exposição pulpar utilizando um penso de algodão impregnado com soro fisiológico deixado no local durante 2-3 minutos (Ayoub e al., 2018).

Segue-se a colocação de um MTA preferido ou outro material biocerâmico e a realização de monitorização e acompanhamento radiográfico e de vitalidade da polpa, seguido da realização de uma restauração final composta direta.

2.1.3. O dente traumatizado

As lesões dentárias traumáticas ocorrem frequentemente em crianças e jovens adultos, compreendendo 5% de todas as lesões. 25% de todas as crianças em idade escolar sofrem traumas dentários e 33% dos adultos sofreram traumas na dentição permanente, sendo que a maioria das lesões ocorre antes dos 19 anos de idade. Devem ser feitos todos os esforços para preservar a polpa no dente permanente imaturo para assegurar o desenvolvimento contínuo da raiz. O dente permanente imaturo tem uma capacidade considerável de cicatrização após exposição traumática da polpa, lesão por luxação ou fratura radicular (Levin e al., 2020).

Se houver uma fratura coronal com exposição do tecido pulpar, pode ser realizado um nivelamento da polpa ou uma pulpotomia parcial ou total usando material biodentinário, MTA ou biocerâmico. Com a idade, o envelhecimento do tecido periodontal favorece o retorno das deslocções, independentemente da natureza do trauma. Os testes de vitalidade da polpa são frequentemente interrompidos, mas muitas vezes é apenas um simples colapso nervoso, e tudo volta ao normal dentro de poucos dias a algumas semanas. Por vezes, quando o deslocamento é maior, a subluxação resulta em mortificação da polpa e o tratamento endodôntico torna-se necessário (Tardif e al., 2004).

Uma seqüela de traumatismo dentário é a obliteração do canal da polpa que ocorre normalmente após lesões traumáticas nos dentes. Aproximadamente 4-24% dos dentes traumatizados desenvolvem graus variáveis de obliteração pulpar que se caracteriza pela perda aparente do espaço de polpa radiograficamente (Figura 38) e por uma descoloração amarela da coroa clínica. (Figura 39)



Figura 38 : Vista radiográfica periapical de um incisivo central superior esquerdo mostrando uma obliteração pulpar completa sem evidência de lesão periapical.



Figura 39 (a,b): (a) Incisivo lateral direito maxilar mostrando a típica descoloração amarelada associada à obliteração do canal de polpa (b) Incisivo central direito maxilar mostrando uma descoloração acentuada. Esta descoloração cinzenta está mais frequentemente associada à necrose pulpar após traumatismo do que à obliteração do canal pulpar. Adaptado de (McCabe & Dummer, 2012)

Em geral, menos de um quarto dos dentes anteriores traumatizados desenvolvem graus variáveis de obliteração pulpar. É geralmente aceite que a frequência da obliteração do canal pulpar depende da extensão da lesão de luxação e da fase de formação da raiz. A maioria dos estudos sugere que a incidência de necrose pulpar nestes dentes está na ordem dos 1-16%. O exame histológico das polpas nos dentes com obliteração pulpar não mostrou sinais de inflamação quando os sinais clínicos e radiográficos da doença estavam ausentes. A maioria da literatura não apoia a intervenção endodôntica, a menos que a necrose pulpar seja evidenciada por lesão periapical ($PAI \geq 3$ que quantifica a inflamação/doença periapicais e as pontuações 2-5 representam a doença) e/ou sintomas

e quando uma resposta negativa ao teste de polpa elétrica tenha sido detectada. A literatura sugere que os dentes com obliteração pulpar são frequentemente preenchidos desnecessariamente pela raiz. Uma vez que a taxa global de fracasso do tratamento de canal radicular é baixa, parece razoável que os dentes que demonstram obliteração pulpar sejam geridos de forma conservadora através de observação clínica e exame radiográfico periódico.

A literatura sugere que a necrose pulpar e a doença periapical não são uma complicação comum da obliteração pulpar, e se o tratamento do canal radicular for selecionado como procedimento de rotina, a maioria seria desnecessária, pois a maioria dos dentes com obliteração pulpar nunca sofrerá necrose pulpar e doença periapical.

Se for necessário um tratamento de canal radicular, os dentes com obliteração pulpar pertencem à categoria de alta dificuldade da Associação Americana de Endodontistas Critérios de Avaliação de Casos (Associação Americana de Endodontistas 2010). Isto é evidenciado por numerosos relatos de casos na literatura que destacam as dificuldades encontradas no tratamento de tais dentes. No entanto, o tratamento pode ser concluído com sucesso numa grande proporção de casos.

O preparo padrão de acesso tradicionalmente descrito para os dentes anteriores superiores está no centro exato da superfície palatina da coroa vestibulolingual e incisogingivalmente. A um ângulo de 45° ao eixo longo, a penetração da broca geralmente se cruzará com a câmara de polpa dentro de 3-4 mm em um dente de tamanho médio, e é notado como uma "gota", que se caracteriza por uma súbita sensação de entrada no espaço da câmara da polpa. Esta súbita sensação de entrada num espaço não ocorrerá nos casos em que haja obliteração da câmara de polpa, pois a câmara será preenchida com material calcificado e a sensação de corte não será diferente da dentina normal. Em outras palavras, o operador não experimentará a 'dentina normal'. Se este eixo tradicional do caminho for continuado, uma perfuração da superfície da raiz labial em algum lugar abaixo da mesa gengival ocorrerá (McCabe & Dummer, 2012).

Para evitar que isso aconteça, Amir e al. (2001) sugeriram que quando a câmara da polpa é calcificada e a câmara não foi localizada após 3-4 mm de penetração, a broca deve ser girada para ficar paralela ao longo eixo do dente (Amir e al., 2001).

Uma solução muito melhor é preparar a cavidade de acesso perto ou através da borda incisal. Esta abordagem facilita o acesso em linha reta e é uma abordagem mais previsível para a localização da câmara da polpa, evitando danos desnecessários.

Claramente, é a abordagem preferida onde a borda incisal já foi comprometida por trauma ou onde há restaurações presentes. Entretanto, quando um ponto de partida mais incisal para a cavidade de acesso é realizado, até a borda incisal, mas não através dela, então o eixo da cavidade de acesso preparado ficará ao longo do longo eixo do dente (Figura 40).

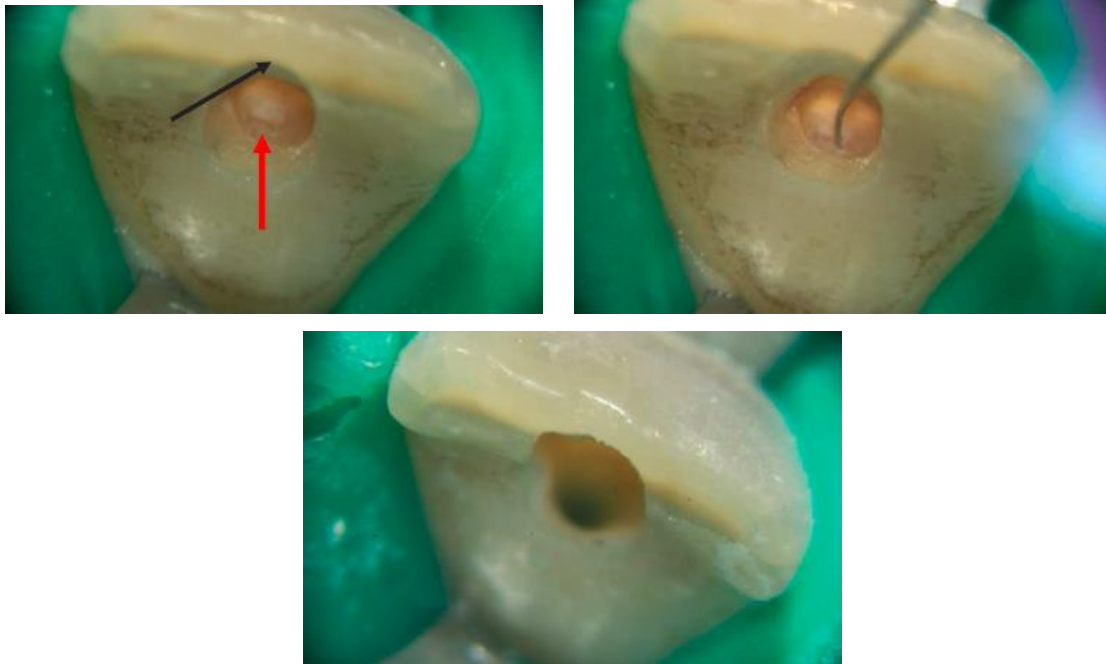


Figura 40 (a,b,c): (a) O dente é isolado sob um dique de borracha com a cavidade de acesso preparada até à placa de esmalte labial (setas pretas). A câmara de polpa calcificada é visível (seta vermelha) como uma linha escurecida (b) O dente com uma lima manual de tamanho 10 inserida na câmara pulpar (c) O dente após a conclusão da preparação do canal. Adaptado de (McCabe & Dummer, 2012)

Assim, se a preparação de acesso permanecer bem centrada, alinhada ao longo eixo do dente e limitada inicialmente ao nível da junção amelo cementaria , o sistema do canal radicular é normalmente fácil de localizar. Isto pode ser ainda melhorado utilizando o microscópio operacional para detetar as diferenças de cor subtis entre a dentina depositada na câmara de polpa e a dentina "normal" circundante da coroa.

O hipoclorito de sódio também pode ser utilizado para ajudar, com a identificação de um canal calcificado a ser melhorada utilizando o teste "bolha" ou "champanhe". Ou seja, a colocação de hipoclorito de sódio a 5% na câmara de polpa sobre um canal calcificado contendo restos de tecido de polpa resultará num fluxo de bolhas que emergem da oxigenação do tecido. Isto pode ser visto ao microscópio e ser utilizado para identificar o orifício do canal (McCabe & Dummer, 2012).

Os incisivos mandibulares parecem colocar um problema especial, em grande parte porque são pequenos e têm uma anatomia radicular complicada (Amir e al., 2001).

A negociação de pequenos canais calcificados é um desafio, não surpreendentemente constatado que o maior número de fraturas de instrumentos irrecuperáveis ocorreu em canais radiculares totalmente obliterados. Tipicamente, são necessárias pequenas limas para a localização inicial do caminho; no entanto, estas limas carecem da rigidez necessária para atravessar espaços restritos e podem frequentemente fraturar quando utilizadas com forças verticais de corda de relógio. Uma abordagem é alternar entre limas K de tamanho 8 e 10 com um suave movimento de corda de relógio com pressão vertical mínima com substituição regular dos instrumentos antes de ocorrer fadiga. No entanto, existe uma variedade de instrumentos de 'procura de caminhos' (pathfindings em inglês) com este objectivo em mente. Estes instrumentos têm vários desenhos, mas o mais comum tem uma secção transversal quadrangular que aumentou a rigidez; no entanto, o valor destes instrumentos continua por demonstrar. Os agentes quelantes têm um valor limitado, exceto como lubrificante ou para auxiliar a instrumentação depois de o canal ter sido negociado. Como regra geral, o processo de calcificação visto na obliteração pulpar ocorre numa direcção corono-apical, pelo que uma vez capturado o canal inicial, um instrumento tende a progredir mais facilmente à medida que avança em direcção ao terminal do canal (McCabe & Dummer, 2012).

Além disso, pode haver uma série de obstáculos à implementação de uma terapia mínima (um trauma que levou a uma fratura coronal com decadência significativa ou ao desenvolvimento de reabsorção radicular sobre o dente traumatizado ...). As reabsorções radiculares que aparecem mais frequentemente após um trauma dento-alveolar são reabsorções inflamatórias externas e reabsorções de substituição (embora todos os tipos de reabsorções radiculares possam aparecer após um trauma dento-alveolar).

O hidróxido de cálcio, o MTA e a biodentina são os 3 materiais mais comumente utilizados para o tratamento de reabsorções. No entanto, a utilização de hidróxido de cálcio é inevitável durante este tipo de tratamento, a fim de tamponar o pH ácido intracanal devido à atividade de reabsorção. Contudo, quando colocado em contacto com o desmodonte, causa inflamação com necrose superficial do desmodonte que pode levar à ruptura dos tecidos de suporte e à criação de uma bolsa periodontal. Por conseguinte, deve ser posto em prática com cuidado e não deve ser deixado em prática por muito tempo, realizando sessões de renovação (Staffoli e al., 2019).

Uma solução mais diluída (1%) de hipoclorito de sódio também deve ser utilizada durante o tratamento de reabsorção interna perfurante para evitar a cito toxicidade do tecido peri-raiz.

Embora o diagnóstico de reabsorção seja mais frequentemente incidental e estabelecido utilizando a radiografia convencional 2D, a utilização da CBCT permite que o diagnóstico seja refinado através da visualização precisa dos danos globais (Alamadi e al., 2017).

2.2.O dente necrótico com lesão peri-apical

2.2.1. O dente imaturo necrótico

O tratamento endodôntico convencional de dentes imaturos necróticos com periodontite apical apresenta um certo conjunto de desafios. Os ápices abertos dificultam a obtenção de uma selagem adequada durante a terapia endodôntica. A desinfecção de dentes imaturos necróticos com instrumentos mecânicos tradicionais e a irrigação com hipoclorito de sódio foram relatados como não sendo tão eficazes, exigindo a colocação de um medicamento dentro do canal. Embora este protocolo de tratamento de apexificação tenha relatado um elevado sucesso clínico endodôntico, estes dentes são sujeitos a fratura pós-tratamento devido a finas e frágeis paredes do canal radicular.

A revascularização é um tratamento regenerativo de base biológica para permitir a maturação das raízes através da deposição contínua de dentina e de uma estrutura semelhante a um cimento ao longo das paredes das raízes.

O conceito por detrás do procedimento de revascularização contemporâneo provém da literatura de trauma. Foi observado que quando um dente imaturo avulsionado foi reimplantado dentro de um determinado conjunto de circunstâncias, a revascularização ocorreu. Os principais requisitos eram a ausência de desafio bacteriano, tendo assim um tecido de polpa necrótico/isquémico mas não infetado no sistema de canais radiculares atuando como um andaime no qual o novo tecido pode crescer através do grande forame apical aberto.

Postulou-se que a criação de um ambiente semelhante no tratamento de dentes imaturos necróticos com periodontite apical deveria resultar em revascularização e subsequente desenvolvimento radicular (Bukhari e al., 2016).

O protocolo de revascularização utilizado é o seguinte. O tratamento é concluído em 3 visitas; a primeira visita consiste na administração de anestesia local, isolamento com dique de borracha, preparação do acesso, irrigação copiosa com hipoclorito de sódio a 3%, mínima ou nenhuma instrumentação, e colocação de pasta antibiótica tripla (PAT) (metronidazol, ciprofloxacina, e minociclina [partes iguais misturadas em água destilada numa proporção 3:1 pó:líquido]) como curativo de interposição. Um apice aberto é também verificado clinicamente com uma lima de tamanho 100 K. A minociclina é substituída por clindamicina nesta composição para reduzir o risco de descoloração dos dentes. A abertura de acesso é temporariamente selada para estes casos durante uma média de 37 dias com um material de restauração temporária (Cavit; 3M ESPE). Na segunda consulta, 3% de mepivacaína sem vasoconstritor foi o anestésico local de escolha. Após a remoção da obturação temporária sob isolamento com dique de borracha, a PAT é injectada por irrigação copiosa com 3% de hipoclorito de sódio e uma injeção final com 17% de EDTA. O coágulo de sangue foi induzido usando uma lima #10 K para lacerar os tecidos apicais. Após a formação do coágulo sanguíneo, ou EndoSequence Bioceramic Putty (Brasseler) ou MTA (Dentsply) é colocado por baixo da junção de esmalte de cimento e quer diretamente sobre o coágulo sanguíneo, quer utilizando uma barreira matricial (Collaplug; Zimmer Dental) com base no julgamento do clínico. A abertura de acesso é novamente selada temporariamente com Cavit. Na marcação final, a colocação da massa biocerâmica ou da MTA é confirmada antes da colocação da restauração composta permanente (3M Filtek P60; 3M ESPE).

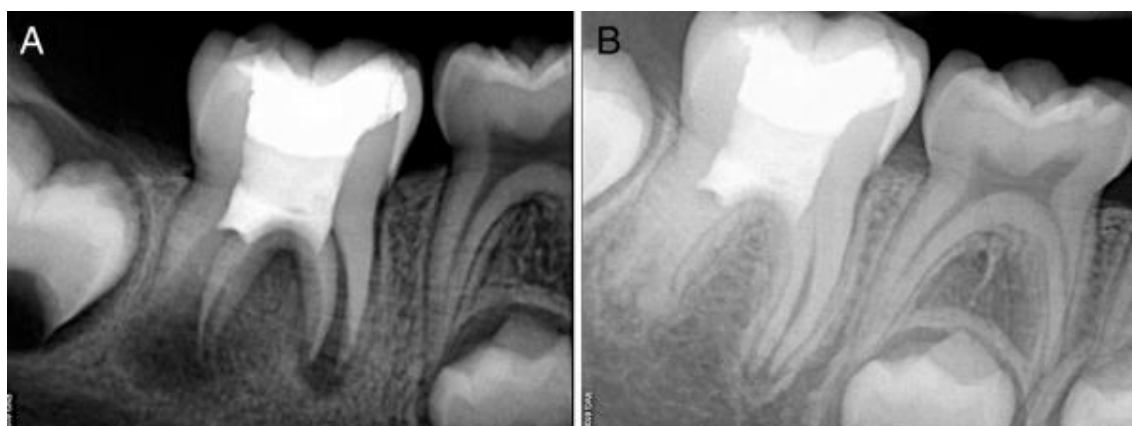


Figura 41 : Primeiro molar inferior direito. Aumento do espessamento das paredes do canal e continuação da maturação da raiz após a revascularização. (A) Radiografia pós-operatória. (B) Radiografia de seguimento aos 18 meses. Adaptado de (Bukhari et al., 2016)

A análise dos resultados da revascularização deve incluir tanto a cura radiográfica da periodontite apical como os sinais radiográficos de desenvolvimento radicular posterior. O resultado da revascularização em que ocorre a cicatrização da periodontite periapical e a maturação das raízes é elevado (Bukhari e al., 2016).

2.2.2. Infecção primaria

Quando a necrose é comprovada com ou sem a presença de danos no tecido peri-apical, as bactérias estão presentes em números variáveis no endodôncio. Nesses casos, o procedimento clínico deve ser adaptado. A conicidade do canal deve então ser aumentada para 6% e o diâmetro do forame apical deve também ser aumentado para permitir a remoção da dentina do canal radicular infetado colonizado pelo biofilme bacteriano e a desinfecção completa de todo o sistema endocanal.

Pelas mesmas razões, a solução de irrigação do canal radicular de hipoclorito de sódio entre 2,5 e 5% deve ser utilizada durante o procedimento de moldagem do canal radicular para alcançar uma atividade bactericida elevada e para desorganizar o biofilme bacteriano e depois deve ser utilizada uma solução de EDTA 17% ou de HEBP (9% ou 18%) , uma vez que a preparação do canal radicular é mais importante e irá gerar mais *Smear Layer* que é importante remover (Kandaswamy & Venkateshbabu, 2010).

Num artigo publicado pelo Dr Machtou em 2017, foi proposto um interessante protocolo de irrigação e desinfecção endodôntica com o objetivo de controlar a formação de *Smear Layer* durante o tratamento endodôntico inicial.

Este protocolo pode ser particularmente interessante para dentes com anatomia complexa com istmo, canais laterais, canais secundários, acessórios ...

Este procedimento consiste em manter a permeabilidade destas áreas, constituindo assim um sistema potencialmente aberto para irrigação, que deve ser mantido no mesmo estado durante a endodontia mecanizada em rotação contínua ou reciprocidade, de modo a não bloquear o acesso das soluções anti-sépticas aos ramos do sistema de canais.

Para este fim, foram propostos diferentes eixos:

- utilizar uma concentração inferior de EDTA (8%) para não alterar as propriedades mecânicas da dentina
- inverter a sequência de irrigação de acordo com o seguinte protocolo: a negociação inicial e o percurso de rega são realizados em NaOCl, a modelação do canal é realizada

exclusivamente com EDTA (1 ml entre cada lima). Três mililitros de NaOCl são utilizados para a lavagem e desinfecção final.

Os resultados clínicos iniciais obtidos com esta abordagem parecem promissores. Não foi notada qualquer diferença na dor pós-operatória ou no prognóstico de dentes infectados. As radiografias mostram tanta anatomia capturada pelo enchimento do canal radicular e a aparente falta de desvio das trajetórias do canal radicular (Machtou, 2017).

2.2.3. Infecção secundária ao tratamento já realizada

Ao tratar novamente um dente com um tratamento endodôntico primário, a cavidade de acesso que já foi criada pode estar longe de uma cavidade de acesso minimamente invasiva ideal em termos de tamanho e localização. A melhoria da cavidade de acesso para eliminar triângulos dentinários ou para encontrar canais esquecidos é então um passo adicional necessário.

A desobstrução completa do sistema endodôntico requer uma preparação mínima dos canais até uma conicidade de 6% com um aumento do diâmetro do forame.

Uma vez que o dente já foi desinfetado durante um tratamento endodôntico anterior, a população bacteriana intracanal é mais virulenta e requer o uso de uma solução de irrigação com hipoclorito de sódio entre 2,5 e 6% durante o procedimento de desobstrução e moldagem do canal radicular, a fim de alcançar uma alta atividade bactericida e desorganizar o biofilme bacteriano e depois utilizar uma solução de EDTA 17% ou 18% ou 9% de HEBP, pois a preparação do canal radicular é mais importante e irá gerar mais *Smear Layer* que será importante remover. Por outro lado, a presença de um instrumento intracanal fraturado é também prejudicial porque as técnicas de remoção são muitas vezes à custa do tecido dentário (Machtou, 2017).

No entanto, é possível reduzir esta dilapidação utilizando meios de diagnóstico como a CBCT associada ao software de planejamento endodôntico, a fim de realizar uma análise pré-operatória precisa e ajudas visuais como o microscópio operacional, que associado a uma plataforma técnica de microinstrumentação parece indispensável para a realização deste tipo de procedimento. É também necessário irrigar abundantemente para lubrificar o canal e assim facilitar a remoção do instrumento.

2.3.Tabela de resumo

Princípios endodônticos mínimos				Situação clínica			Dente permanente, vivo, livre ou ligeiramente cariado			Dente necrótico/ com lesão periapical		
				Razão protética		Pulpite reversível		Dente traumatizado	Dente imaturo	Infeção primária	Infeção secundária	
Anatômicos		Cavidade de acesso				No mínimo	Desalojamento carioso	No mínimo quando possível	No mínimo	No mínimo quando possível	Dependendo da cavidade de acesso existente e dos requisitos endodônticos	
Biológicos		Escolha e concentração da solução de irrigação		Principal	Hipoclorito de sódio	1%-2,5%	X	1%-2,5% e 5% para o teste "champanhe"	3%	2,5%-6%		
					Clorexidina	2%	X	2%	X	X		
				Final	HEBP	9% ou 18%	X	9% ou 18%	X	9% ou 18%		
					Ácido cítrico	10%	X	10%	X	X		
		EDTA	X		X	X	17%	17%				
		Procedimento regenerativo				X	X	Sim	Sim	X		
		Pulpotomia total/parcial				Possível	Sim	Possível	X	X		
		Mecânicos		Moldagem canal		Conicidade		4%/6%	Remoção da polpa infectada e inflamatória	4%/6%	X	> 6%
Diâmetro apical						Inalterado	Inalterado	Aumentada (mínimo de 25)				

V. Conclusão

O sucesso da preservação do órgão dentário durante o máximo de tempo possível é determinado não só pela utilização da tríade endodôntica, mas também pela qualidade e estanqueidade dos materiais de obturação coronal, os quais dependem, eles próprios, da resistência do tecido residual.

Em cada fase do tratamento endodôntico, desde o diagnóstico, passando pelo processo de tomada de decisão, concepção da cavidade de acesso endodôntico, instrumentação do canal, cirurgia apical, devem ser defendidas estratégias minimamente invasivas sem comprometer a eficácia e a finalidade do procedimento endodôntico.

Atualmente, as ajudas óticas são parte integrante do arsenal terapêutico do cirurgião dentista. A odontologia atual está orientada para consensos cada vez menos invasivos, qualquer que seja a orientação da nossa prática, somos levados a trabalhar no mínimo.

Um aspecto importante das abordagens minimamente invasivas é que elas encaixam perfeitamente num gradiente terapêutico, favorecendo a preservação do dente num estado restaurável após uma possível falha, dando assim esperança para uma conservação mais longa do órgão dentário tratado.

A odontologia adesiva é a chave para uma odontologia estética minimamente invasiva que preserva as estruturas dentárias. A endodontia mínima é uma continuação deste princípio.

Atualmente, a medicina dentária minimamente invasiva não só oferece aos pacientes outra opção de tratamento, como também se torna uma obrigação ética.

VI. Referências bibliográficas

- Abella, F., Patel, S., Duran-Sindreu, F., Mercadé, M., Bueno, R., & Roig, M. (2012). Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs. *Journal of Endodontics*, 38(12), 1588–1591. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.09.003>
- Abella, F., Teixidó, L. M., Patel, S., Sosa, F., Duran-Sindreu, F., & Roig, M. (2015). Cone-beam Computed Tomography Analysis of the Root Canal Morphology of Maxillary First and Second Premolars in a Spanish Population. *Journal of Endodontics*, 41(8), 1241–1247. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.026>
- Adıgüzel, M., & Çapar, I. (2017). Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of WaveOne and WaveOne Gold Small, Primary, and Large Instruments. *Journal of Endodontics*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.021>
- Adorno, C. G., Yoshioka, T., & Suda, H. (2010). The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *International Endodontic Journal*, 43(4), 321–327. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01684.x>
- Adorno, Carlos G., Yoshioka, T., & Suda, H. (2011). Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *Journal of Endodontics*, 37(4), 522–525. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.12.002>
- Ahmad, I. A., & Al-Jadaa, A. (2014). Three root canals in the mesiobuccal root of maxillary molars: Case reports and literature review. *Journal of Endodontics*, 40(12), 2087–2094. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.034>
- Alamadi, E., Alhazmi, H., Hansen, K., Lundgren, T., & Naoumova, J. (2017). A comparative study of cone beam computed tomography and conventional radiography in diagnosing the extent of root resorptions. *Progress in Orthodontics*, 18(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s40510-017-0191-z>
- Alcalde, M. P., Duarte, M. A. H., Bramante, C. M., de Vasconcelos, B. C., Tanomaru-Filho, M., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Pinto, J. C., Só, M. V. R., & Vivan, R. R. (2018). Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. *Clinical Oral Investigations*, 22(4), 1865–1871. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2295-8>
- Al-Jadaa, A., Paqué, F., Attin, T., & Zehnder, M. (2009). Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: Impact of canal location and angulation. *International Endodontic Journal*, 42(1), 59–65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01497.x>
- Amin, J., Lines, J., Milosevic, M. P., Park, A., & Sholapurkar, A. (2019). Comparison of Accuracy and Reliability of Working Length Determination Using Cone Beam Computed Tomography and Electronic Apex Locator: A Systematic Review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(9), 1118–1123.

- Amir, F. A., Gutmann, J. L., & Witherspoon, D. E. (2001). Calcific metamorphosis: A challenge in endodontic diagnosis and treatment. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 32(6), 447–455.
- Ayatollahi, J., Ayatollahi, F., Ardekani, A. M., Bahrololoomi, R., Ayatollahi, J., Ayatollahi, A., & Owlia, M. B. (2012). Occupational hazards to dental staff. *Dental Research Journal*, 9(1), 2–7. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.92919>
- Ayoub, F., Nasrallah, H., Noueiri, B. E., & Pilipili, C. (2018). Clinical and Radiographic Evaluations of Biodentine™ Pulpotomies in Mature Primary Molars (Stage 2). *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 11(6), 496–504. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1564>
- Bahcall, J., & Barss, J. (2003). Orascope visualization technique for conventional and surgical endodontics. *International Endodontic Journal*, 36(6), 441–447. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00674.x>
- Baldassari-Cruz, L., Lilly, J., & Rivera, E. (2002). The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 93, 190–194. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.118285>
- Ball, R. L., Barbizam, J. V., & Cohenca, N. (2013). Intraoperative endodontic applications of cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*, 39(4), 548–557. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.038>
- Bansal, R., Hegde, S., & Astekar, M. S. (2018). Classification of Root Canal Configurations: A Review and a New Proposal of Nomenclature System for Root Canal Configuration. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2018/35023.11615>
- Bassir, M. M., Labibzadeh, A., & Mollaverdi, F. (2013). The effect of amount of lost tooth structure and restorative technique on fracture resistance of endodontically treated premolars. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 16(5), 413–417. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.117494>
- Blank-Gonçalves, L. M., Nabeshima, C. K., Martins, G. H. R., & Machado, M. E. de L. (2011). Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1268–1271. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.06.009>
- Bodereau, B. (2016). *La cavité d'accès en endodontie: Réalisation de vidéos de démonstration*. Université Nice Sophia Antipolis Faculté de chirurgie dentaire de Nice.
- Boutsoukis, C., & Sluis, L. van der. (2015). Syringe irrigation: Blending endodontics and fluid dynamics. *Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System*, 45–64. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16456-4>
- Brabant, A. (2010). *Réaliser des bridges collés fiables en optimisant l'économie tissulaire et l'esthétique*. 11, 311–320.
- Bronnec, F., Bouillaguet, S., & Machtou, P. (2010). Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. *International Endodontic Journal*, 43(8), 663–672. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01723.x>

- Brown, J., Jacobs, R., Levring Jäghagen, E., Lindh, C., Baksi, G., Schulze, D., Schulze, R., & European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology. (2014). Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: A position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 43(1), 20130291. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20130291>
- Brunson, M., Heilborn, C., Johnson, D. J., & Cohenca, N. (2010). Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *Journal of Endodontics*, 36(4), 721–724. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.11.028>
- Bukhari, S., Kohli, M. R., Setzer, F., & Karabucak, B. (2016). Outcome of Revascularization Procedure: A Retrospective Case Series. *Journal of Endodontics*, 42(12), 1752–1759. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.06.021>
- Bürklee, S., & Schäfer, E. (2015). Minimally invasive endodontics. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 46(2), 119–124. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a33047>
- Butcher, S., Mansour, A., & Ibrahim, M. (2019). Influence of Apical Preparation Size on Effective Conventional Irrigation in the Apical Third: A Scanning Electron Microscopic Study. *European Endodontic Journal*, 4(1), 9–14. <https://doi.org/10.14744/eej.2018.06078>
- Byun, C., Kim, C., Cho, S., Baek, S. H., Kim, G., Kim, S. G., & Kim, S.-Y. (2015). Endodontic Treatment of an Anomalous Anterior Tooth with the Aid of a 3-dimensional Printed Physical Tooth Model. *Journal of Endodontics*, 41(6), 961–965. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.01.016>
- Caron, G. (2009). *Cas particuliers des dents traumatisées*. 6.
- Caron, G., Nham, K., Bronnec, F., & Machtou, P. (2010). Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1361–1366. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.037>
- Carr, G. B., & Murgel, C. A. F. (2010). The Use of the Operating Microscope in Endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 191–214. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.01.002>
- Clark, D., & Khademi, J. (2010). Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 249–273. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.01.001>
- Cohenca, N., & Shemesh, H. (2015). Clinical applications of cone beam computed tomography in endodontics: A comprehensive review. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 46(6), 465–480. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a33990>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional-printed Teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>

- Corbella, S., Baruffaldi, M., Perondi, I., & Taschieri, S. (2019). Surgically-oriented anatomical study of mandibular premolars: A CBCT study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(10), e877–e882. <https://doi.org/10.4317/jced.55848>
- Corsentino, G., Pedullà, E., Castelli, L., Liguori, M., Spicciarelli, V., Martignoni, M., Ferrari, M., & Grandini, S. (2018). Influence of Access Cavity Preparation and Remaining Tooth Substance on Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth. *Journal of Endodontics*, 44(9), 1416–1421. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.05.012>
- de Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Heilborn, C., & Cohenca, N. (2009). Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: An in vitro study. *Journal of Endodontics*, 35(6), 891–895. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.015>
- de March, P. D. (2018, Junho 19). *Cavités d'accès endodontiques mini-invasives*. L'Information Dentaire. <https://www.information-dentaire.fr/actualites/cavites-d-acces-endodontiques-mini-invasives/>
- de Pablo, O. V., Estevez, R., Péix Sánchez, M., Heilborn, C., & Cohenca, N. (2010). Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: A systematic review. *Journal of Endodontics*, 36(12), 1919–1931. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.055>
- De-Deus, G., Silva, E. J. N. L., Vieira, V. T. L., Belladonna, F. G., Elias, C. N., Plotino, G., & Grande, N. M. (2017). Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. *Journal of Endodontics*, 43(3), 462–466. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.039>
- Dejou, Laborde, Camps, & Proust. (1990). *Comportement biomécanique de la dent dépulpée*. 185–194.
- Del Fabbro, M., Taschieri, S., Lodi, G., Banfi, G., & Weinstein, R. L. (2015). Magnification devices for endodontic therapy. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD005969. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005969.pub3>
- Dhaimy, S., Imdary, S., Dhoun, S., Benkiran, I., & El Ouazzani, A. (2016). Radiological Evaluation of Penetration of the Irrigant according to Three Endodontic Irrigation Techniques. *International Journal of Dentistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3142742>
- Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., & Sadan, A. (2008). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 39(2), 117–129.
- Durack, C., Roig, M., Shemesh, H., Lambrechts, P., Lemberg, K., & Patel, S. (2014). European Society of Endodontology position statement: The use of CBCT in endodontics. *International Endodontic Journal*, 47(6), 502–504. <https://doi.org/10.1111/iej.12267>
- Eichenberger, M., Perrin, P., Neuhaus, K. W., Bringolf, U., & Lussi, A. (2011). Influence of loupes and age on the near visual acuity of practicing dentists. *Journal of Biomedical Optics*, 16(3), 035003. <https://doi.org/10.1117/1.3555190>

- Emmanuel, S., Shantaram, K., Sushil, K. C., & Manoj, L. (2013). An In-Vitro Evaluation and Comparison of Apical Sealing Ability of Three Different Obturation Technique—Lateral Condensation, Obtura II, and Therafil. *Journal of International Oral Health : JIOH*, 5(2), 35–43.
- Engelke, W., Leiva, C., Wagner, G., & Beltrán, V. (2015). In vitro visualization of human endodontic structures using different endoscope systems. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 8(3), 3234–3240.
- Galibourg, Mourlan, & Lhussa. (2018). L'endodontie assistée par ordinateur... C'est possible ? *Le fil dentaire*.
- Ghinzelli, G. C., Souza, M. A., Cecchin, D., Farina, A. P., & de Figueiredo, J. A. P. (2014). Influence of ultrasonic activation on photodynamic therapy over root canal system infected with *Enterococcus faecalis* – an in vitro study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 11(4), 472–478. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2014.07.004>
- Gluskin, A. H., Peters, C. I., & Peters, O. A. (2014). Minimally invasive endodontics: Challenging prevailing paradigms. *British Dental Journal*, 216(6), 347–353. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.201>
- Grande, N. M., Plotino, G., Gambarini, G., Testarelli, L., D'Ambrosio, F., Pecci, R., & Bedini, R. (2012). Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanita*, 48(1), 26–34. https://doi.org/10.4415/ANN_12_01_05
- Grischke, J., Müller-Heine, A., & Hülsmann, M. (2014). The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer. *Clinical Oral Investigations*, 18(7), 1845–1851. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1161-6>
- Gulabivala, K., Ng, Y.-L., Gilbertson, M., & Eames, I. (2010). The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological Measurement*, 31(12), R49-84. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/31/12/R01>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6), 299–303. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
- Hassan, B., Payam, J., Juyanda, B., van der Stelt, P., & Wesselink, P. (2012). Influence of scan setting selections on root canal visibility with cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(8), 645–648. <https://doi.org/10.1259/dmfr/27670911>
- Hayashi, T., Arai, Y., Chikui, T., Hayashi-Sakai, S., Honda, K., Indo, H., Kawai, T., Kobayashi, K., Murakami, S., Nagasawa, M., Naitoh, M., Nakayama, E., Nikkuni, Y., Nishiyama, H., Shoji, N., Suenaga, S., Tanaka, R., A Committee on Clinical Practice Guidelines, & Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology. (2018). Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. *Oral Radiology*, 34(2), 89–104. <https://doi.org/10.1007/s11282-018-0314-3>
- Hedeşiu, M., Băciuş, M., Băciuş, G., Nackaerts, O., & Jacobs, R. (2012). Comparison of cone beam CT device and field of view for the detection of simulated periapical bone lesions. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(7), 548–552. <https://doi.org/10.1259/dmfr/19322177>

- Howard, R. K., Kirkpatrick, T. C., Rutledge, R. E., & Yaccino, J. M. (2011). Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1301–1305. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.05.008>
- Jiang, L.-M., Lak, B., Eijssvogels, L. M., Wesselink, P., & van der Sluis, L. W. M. (2012). Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *Journal of Endodontics*, 38(6), 838–841. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.002>
- Jung, I.-Y., Seo, M.-A., Fouad, A. F., Spångberg, L. S. W., Lee, S.-J., Kim, H.-J., & Kum, K.-Y. (2005). Apical anatomy in mesial and mesiobuccal roots of permanent first molars. *Journal of Endodontics*, 31(5), 364–368. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000145425.73364.91>
- Kandaswamy, D., & Venkateshbabu, N. (2010). Root canal irrigants. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 13(4), 256–264. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.73378>
- Kanter, V., Weldon, E., Nair, U., Varella, C., Kanter, K., Anusavice, K., & Pileggi, R. (2011). A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 112(6), 809–813. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.06.002>
- Kato, A. S., Cunha, R. S., da Silveira Bueno, C. E., Pelegri, R. A., Fontana, C. E., & de Martin, A. S. (2016). Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Endodontics*, 42(4), 659–663. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.01.016>
- Kernen, F., Benic, G. I., Payer, M., Schär, A., Müller-Gerbl, M., Filippi, A., & Kühl, S. (2016). Accuracy of Three-Dimensional Printed Templates for Guided Implant Placement Based on Matching a Surface Scan with CBCT. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(4), 762–768. <https://doi.org/10.1111/cid.12348>
- Khademi, A., Yazdizadeh, M., & Feizianfard, M. (2006). Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *Journal of Endodontics*, 32(5), 417–420. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.11.008>
- Kim, H.-C., Lee, M.-H., Yum, J., Versluis, A., Lee, C.-J., & Kim, B.-M. (2010). Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1195–1199. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.010>
- Kim, S.-Y., Kim, B. S., Woo, J., & Kim, Y. (2013). Morphology of mandibular first molars analyzed by cone-beam computed tomography in a Korean population: Variations in the number of roots and canals. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1516–1521. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.015>

- Krapež, J., & Fidler, A. (2013). Location and dimensions of access cavity in permanent incisors, canines, and premolars. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 16(5), 404–407. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.117491>
- Kuhn, G., Tavernier, B., & Jordan, L. (2001). Influence of Structure on Nickel-Titanium Endodontic Instruments Failure. *Journal of Endodontics*, 27(8), 516–520. <https://doi.org/10.1097/00004770-200108000-00005>
- Kurt, S. N., Üstün, Y., Erdogan, Ö., Evlice, B., Yoldas, O., & Öztunc, H. (2014). Outcomes of periradicular surgery of maxillary first molars using a vestibular approach: A prospective, clinical study with one year of follow-up. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 72(6), 1049–1061. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2014.02.004>
- Laurent, È. (2019). *La cavité d'accès a minima. Réalités Cliniques n°4-15 novembre 2019*, 264–274.
- Lee, K.-W., Kim, Y., Perinpanayagam, H., Lee, J.-K., Yoo, Y.-J., Lim, S.-M., Chang, S. W., Ha, B.-H., Zhu, Q., & Kum, K.-Y. (2014). Comparison of alternative image reformatting techniques in micro-computed tomography and tooth clearing for detailed canal morphology. *Journal of Endodontics*, 40(3), 417–422. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.014>
- Leonardi Dutra, K., Haas, L., Porporatti, A. L., Flores-Mir, C., Nascimento Santos, J., Mezzomo, L. A., Corrêa, M., & De Luca Canto, G. (2016). Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Conventional Radiography on Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 42(3), 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.12.015>
- Levin, L., Day, P. F., Hicks, L., O'Connell, A., Fouad, A. F., Bourguignon, C., & Abbott, P. V. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: General introduction. *Dental Traumatology*, ed.12574. <https://doi.org/10.1111/edt.12574>
- Liu, R., Kaiwar, A., Shemesh, H., Wesselink, P. R., Hou, B., & Wu, M.-K. (2013). Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. *Journal of Endodontics*, 39(1), 129–132. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.09.019>
- Machado, R., Garcia, L. da F. R., da Silva Neto, U. X., Cruz Filho, A. de M. da Silva, R. G., & Vansan, L. P. (2018). Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration. *Microscopy Research and Technique*, 81(3), 275–282. <https://doi.org/10.1002/jemt.22976>
- Machtou, P. (2017). L'irrigation en endodontie: Une mise à jour nécessaire. *Quintessence endo*, 1(1), 5–12.
- Mancini, M., Cerroni, L., Iorio, L., Armellini, E., Conte, G., & Cianconi, L. (2013). Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): Field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 39(11), 1456–1460. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.028>

- Martins, J. N. R., Marques, D., Silva, E. J. N. L., Caramês, J., & Versiani, M. A. (2019). Prevalence Studies on Root Canal Anatomy Using Cone-beam Computed Tomographic Imaging: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 45(4), 372-386.e4. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.12.016>
- McCabe, P. S., & Dummer, P. M. H. (2012). Pulp canal obliteration: An endodontic diagnosis and treatment challenge: Diagnosis and treatment of pulpal obliteration. *International Endodontic Journal*, 45(2), 177–197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x>
- Mitchell, R. P., Baumgartner, J. C., & Sedgley, C. M. (2011). Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *Journal of Endodontics*, 37(12), 1677–1681. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.004>
- Montero, G. (2018). Les biocéramiques et leur utilisation en endodontie. *Le fil dentaire*.
- Mp, C.-G., C, B., Jf, P., & F, P. (2006). Effect of three nickel-titanium rotary file techniques on infected root dentin reduction. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 102(2), 254–258. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.09.013>
- Munoz, H. R., & Camacho-Cuadra, K. (2012). In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *Journal of Endodontics*, 38(4), 445–448. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.007>
- Nair, P. N. R., Henry, S., Cano, V., & Vera, J. (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after «one-visit» endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 99(2), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.10.005>
- Ng, R., Singh, F., Papamanou, D. A., Song, X., Patel, C., Holewa, C., Patel, N., Klepac-Ceraj, V., Fontana, C. R., Kent, R., Pagonis, T. C., Stashenko, P. P., & Soukos, N. S. (2011). Endodontic photodynamic therapy ex vivo. *Journal of Endodontics*, 37(2), 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.10.008>
- Nielsen, B. A., & Craig Baumgartner, J. (2007). Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics*, 33(5), 611–615. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.01.020>
- Paqué, F., Boessler, C., & Zehnder, M. (2011). Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *International Endodontic Journal*, 44(2), 148–153. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01823.x>
- Paragliola, R., Franco, V., Fabiani, C., Mazzoni, A., Nato, F., Tay, F. R., Breschi, L., & Grandini, S. (2010). Final rinse optimization: Influence of different agitation protocols. *Journal of Endodontics*, 36(2), 282–285. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.004>
- Parashos, P., & Messer, H. H. (2006). Rotary NiTi Instrument Fracture and its Consequences. *Journal of Endodontics*, 32(11), 1031–1043. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.06.008>

- Patel, S., Durack, C., Abella, F., Shemesh, H., Roig, M., & Lemberg, K. (2015). Cone beam computed tomography in Endodontics—A review. *International Endodontic Journal*, 48(1), 3–15. <https://doi.org/10.1111/iej.12270>
- Patel, S., & Rhodes, J. (2007). A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *British Dental Journal*, 203(3), 133–140. <https://doi.org/10.1038/bdj.2007.682>
- Plotino, G., Özyürek, T., Grande, N. M., & Gündoğar, M. (2019). Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: A scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, 52(3), 343–351. <https://doi.org/10.1111/iej.13002>
- Plotino, Gianluca, Cortese, T., Grande, N. M., Leonardi, D. P., Di Giorgio, G., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2016). New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Brazilian Dental Journal*, 27(1), 3–8. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600726>
- Plotino, Gianluca, Giansiracusa Rubini, A., Grande, N. M., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2014). Cutting efficiency of Reciproc and waveOne reciprocating instruments. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1228–1230. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.041>
- Plotino, Gianluca, Grande, N. M., Isufi, A., Ioppolo, P., Pedullà, E., Bedini, R., Gambarini, G., & Testarelli, L. (2017). Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs. *Journal of Endodontics*, 43(6), 995–1000. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.022>
- Plotino, Gianluca, Grande, N. M., Tocci, L., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2014). Influence of Different Apical Preparations on Root Canal Cleanliness in Human Molars: A SEM Study. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, 5(2). <https://doi.org/10.5037/jomr.2014.5204>
- Plotino, Gianluca, Pameijer, C. H., Grande, N. M., & Somma, F. (2007). Ultrasonics in endodontics: A review of the literature. *Journal of Endodontics*, 33(2), 81–95. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.008>
- Ratanajirasut, R., Panichutra, A., & Panmekiate, S. (2018). A Cone-beam Computed Tomographic Study of Root and Canal Morphology of Maxillary First and Second Permanent Molars in a Thai Population. *Journal of Endodontics*, 44(1), 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.020>
- Ricucci, D., & Siqueira, J. F. (2010). Biofilms and apical periodontitis: Study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1277–1288. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.04.007>
- Romania, C., Beltes, P., Boutsoukis, C., & Dandakis, C. (2009). Ex-vivo area-metric analysis of root canal obturation using gutta-percha cones of different taper. *International Endodontic Journal*, 42(6), 491–498. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01533.x>
- Rubinstein, R. A., & Kim, S. (1999). Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and super-EBA as root-end filling material. *Journal of Endodontics*, 25(1), 43–48. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80398-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80398-7)
- Schilder, H. (1967). Filling root canals in three dimensions. *Dental Clinics of North America*, 723–744.

- Schilder, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*, 18(2), 269–296.
- Shemesh, H., Bier, C. a. S., Wu, M.-K., Tanomaru-Filho, M., & Wesselink, P. R. (2009). The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *International Endodontic Journal*, 42(3), 208–213. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01502.x>
- Shemesh, H., Wesselink, P. R., & Wu, M.-K. (2010). Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures. *International Endodontic Journal*, 43(11), 995–1000. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01740.x>
- Shen, Y., Stojicic, S., Qian, W., Olsen, I., & Haapasalo, M. (2010). The Synergistic Antimicrobial Effect by Mechanical Agitation and Two Chlorhexidine Preparations on Biofilm Bacteria. *Journal of Endodontics*, 36(1), 100–104. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.018>
- Sigurdsson, A., Garland, R. W., Le, K. T., & Woo, S. M. (2016). 12-month Healing Rates after Endodontic Therapy Using the Novel GentleWave System: A Prospective Multicenter Clinical Study. *Journal of Endodontics*, 42(7), 1040–1048. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.017>
- Silva, E. J. N. L., Nejaim, Y., Silva, A. V., Haiter-Neto, F., & Cohenca, N. (2013). Evaluation of root canal configuration of mandibular molars in a Brazilian population by using cone-beam computed tomography: An in vivo study. *Journal of Endodontics*, 39(7), 849–852. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.030>
- Sim, I. G. B., Lim, T.-S., Krishnaswamy, G., & Chen, N.-N. (2016). Decision Making for Retention of Endodontically Treated Posterior Cracked Teeth: A 5-year Follow-up Study. *Journal of Endodontics*, 42(2), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.11.011>
- Simon, Machtou, & Pertot. (2012). *Endodontie* (CdP).
- Soğur, E., Baksi, B. G., & Gröndahl, H.-G. (2007). Imaging of root canal fillings: A comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography. *International Endodontic Journal*, 40(3), 179–185. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01204.x>
- Somasundaram, P., Rawtiya, M., Wadhvani, S., Uthappa, R., Shivagange, V., & Khan, S. (2017). Retrospective Study of Root Canal Configurations of Mandibular Third Molars Using CBCT- Part-II. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(6), ZC55–ZC59. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/20153.10072>
- Staffoli, S., Plotino, G., Nunez Torrijos, B. G., Grande, N. M., Bossù, M., Gambarini, G., & Polimeni, A. (2019). Regenerative Endodontic Procedures Using Contemporary Endodontic Materials. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/ma12060908>
- Tardif, A., Misino, J., & Péron, J.-M. (2004). Traumatismes dentaires et alvéolaires. *EMC - Dentisterie*, 1(2), 159–178. <https://doi.org/10.1016/j.emcden.2003.12.003>
- Tassery, H., Levallois, B., Terrer, E., Manton, D. J., Otsuki, M., Koubi, S., Gugnani, N., Panayotov, I., Jacquot, B., Cuisinier, F., & Rechmann, P. (2013). Use of new minimum intervention dentistry technologies in caries management. *Australian Dental Journal*, 58 Suppl 1, 40–59. <https://doi.org/10.1111/adj.12049>

- Tay, F. R., Gu, L., Schoeffel, G. J., Wimmer, C., Susin, L., Zhang, K., Arun, S. N., Kim, J., Looney, S. W., & Pashley, D. H. (2010). The effect of vapor lock on root canal debridement using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of endodontics*, 36(4), 745–750. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.11.022>
- Tennert, C., Drews, A. M., Walther, V., Altenburger, M. J., Karygianni, L., Wrba, K. T., Hellwig, E., & Al-Ahmad, A. (2015). Ultrasonic activation and chemical modification of photosensitizers enhances the effects of photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis* root-canal isolates. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 12(2), 244–251. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2015.02.002>
- Theodorakou, C., Walker, A., Horner, K., Pauwels, R., Bogaerts, R., Jacobs, R., & SEDENTEXCT Project Consortium. (2012). Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *The British Journal of Radiology*, 85(1010), 153–160. <https://doi.org/10.1259/bjr/19389412>
- Tsurumachi, T., & Honda, K. (2007). A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *International Endodontic Journal*, 40(3), 224–232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01198.x>
- Venskutonis, T., Plotino, G., Juodzbalsys, G., & Mickevičienė, L. (2014). The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: A review of the literature. *Journal of Endodontics*, 40(12), 1895–1901. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.05.009>
- Vertucci, F. J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 58(5), 589–599. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90085-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90085-9)
- Vizzotto, M. B., Silveira, P. F., Arús, N. A., Montagner, F., Gomes, B. P. F. A., & da Silveira, H. E. D. (2013). CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: Effect of voxel size and presence of root filling. *International Endodontic Journal*, 46(9), 870–876. <https://doi.org/10.1111/iej.12075>
- Weine, F. S., Pasiewicz, R. A., & Rice, R. T. (1988). Canal configuration of the mandibular second molar using a clinically oriented in vitro method. *Journal of Endodontics*, 14(5), 207–213. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80171-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80171-7)
- Weissman, J., Johnson, J. D., Anderson, M., Hollender, L., Huson, T., Paranjpe, A., Patel, S., & Cohenca, N. (2015). Association between the Presence of Apical Periodontitis and Clinical Symptoms in Endodontic Patients Using Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiographs. *Journal of Endodontics*, 41(11), 1824–1829. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.06.004>
- Wilcox, L. R., Roskelley, C., & Sutton, T. (1997). The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, 23(8), 533–534. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(97\)80316-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(97)80316-0)

- Yi, J., Sun, Y., Li, Y., Li, C., Li, X., & Zhao, Z. (2017). Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A systematic review and meta-analysis. *The Angle Orthodontist*, 87(2), 328–337. <https://doi.org/10.2319/061916-481.1>
- Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>
- Zhang, R., Wang, H., Tian, Y.-Y., Yu, X., Hu, T., & Dummer, P. M. H. (2011). Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese individuals. *International Endodontic Journal*, 44(11), 990–999. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01904.x>